

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE GESTÃO
DA MANUTENÇÃO EM UMA EMPRESA DE
ALIMENTOS DO RIO GRANDE DO SUL**

Marcelo Xavier Seeling

Porto Alegre, 2000

**ESCOLA DE ENGENHARIA
BIBLIOTECA**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE GESTÃO DA
MANUTENÇÃO EM UMA EMPRESA DE ALIMENTOS DO
RIO GRANDE DO SUL**

Autor: Marcelo Xavier Seeling

Orientador: Professor José Luís Duarte Ribeiro

Banca Examinadora:

**Professor Alberto Tamagna, Dr.
Professor do Departamento de Engenharia Mecânica / UFRGS**

**Professor Flávio José Lorini, Dr.
Professor do Departamento de Engenharia Mecânica / UFRGS**

**Professor Nilson Romeu Marcílio, Dr.
Professor do Departamento de Engenharia Química / UFRGS**

**Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de
Produção como requisito parcial à obtenção do título de
MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Área de concentração: Gerência de Produção

Porto Alegre, Agosto de 2000.

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

**Professor José Luís Duarte Ribeiro, Dr.
Orientador**

**Professor Luís Antonio Lindau, Ph. D.
Coordenador PPGE/UFGRS**

Banca Examinadora:

Professor Alberto Tamagna, Dr.
Professor do Departamento de Engenharia Mecânica / UFRGS

Professor Flávio José Lorini, Dr.
Professor do Departamento de Engenharia Mecânica / UFRGS

Professor Nilson Romeu Marcílio, Dr.
Professor do Departamento de Engenharia Química / UFRGS

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Rudi Seeling, Anete Seeling e Simone Medeiros pelo incentivo dado durante o período em que escrevi esta dissertação de mestrado.

Agradeço a Rodrigo Douglas, que trabalhou na minha equipe como planejador de manutenção, por ter participado com dedicação das implantações descritas nesta pesquisa e auxiliado no levantamento de dados.

Agradeço ao professor José Luís Duarte Ribeiro, meu orientador, pelo apoio e pela compreensão ao longo da realização deste trabalho. Um verdadeiro mestre e exemplo, tanto pelo seu conhecimento e orientação quanto pelo seu excelente caráter.

SUMÁRIO

Lista de Abreviaturas	VII
Lista de Símbolos	IX
Lista de Tabelas	X
Lista de Figuras	XII
Resumo	XIII
Abstract	XV
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	01
1.1 Comentários iniciais	01
1.2 Dados estatísticos sobre a manutenção no Brasil	02
1.3 Objetivos	20
1.3.1 Objetivo Principal	20
1.3.2 Objetivos Secundários	20
1.4 Método	21
1.5 Limitações do Trabalho	22
1.6 Estrutura do Trabalho	24
CAPÍTULO 2 - CONCEITOS GERAIS	25
2.1 Comentários iniciais	25
2.2 Defeito, Falha e Pane	26
2.3 Definição de Manutenção	27
2.4 Os tipos de manutenção	28
2.5 Manutenção Centrada em Confiabilidade	33
2.6 Manutenção Produtiva Total	36
2.7 Organização da Manutenção	42
2.7.1 Requisições de Serviço e Ordens de Serviço	44
CAPÍTULO 3 - A MANUTENÇÃO E A CONFIABILIDADE	50
3.1 Comentários iniciais	50
3.2 Conceito de Disponibilidade	51
3.3 Conceito de Confiabilidade	52
3.4 Manutibilidade ou Mantenabilidade	54
3.5 As Funções de Confiabilidade	56
3.5.1 Função Densidade de Probabilidade de Falha	58
3.5.2 Função Acumulada de Falha	58
3.5.3 Função Acumulada de Sucesso	59
3.5.4 Função Taxa de Risco	60
3.5.5 Função Taxa de Risco Acumulada	61
3.6 O perfil de falha ao longo da vida de um equipamento	62
3.7 As funções de manutibilidade	65
3.7.1 A Função Densidade de Probabilidade de Recolocação em Serviço	66
3.7.2 A Função Manutibilidade	66

3.7.3 A Função Não-manutibilidade	67
3.7.4 A Função Taxa Instantânea de Recolocação em Serviço	67
3.8 A Distribuição de Weibull	68
3.8.1 Descrição dos parâmetros da Distribuição de Weibull	69
3.8.1.1 Tempo de Vida Mínima - Parâmetro de Posição	69
3.8.1.2 Vida Característica - Parâmetro de Escala	70
3.8.1.3 Parâmetro de Forma	70
3.8.2 As equações parametrizadas das funções $R(t)$, $F(t)$, $f(t)$, $h(t)$ e $H(t)$	70
3.8.2.1 Equação de Weibull para Função Confiabilidade	71
3.8.2.2 Equação de Weibull para Função Acumulada de Falha	71
3.8.2.3 Equação de Weibull para Função Densidade de Probabilidade de Falha	71
3.8.2.4 Equação de Weibull para Função Taxa de Risco	71
3.8.2.5 Equação de Weibull para Função Taxa de Risco Acumulada	71
3.8.3 Relação do Parâmetro de Forma com a natureza da falha	72
3.8.3.1 Fator de Forma com valor menor do que 1	72
3.8.3.2 Fator de Forma com valor igual ou próximo a 1	72
3.8.3.3 Fator de Forma com valor maior do que 1	73
3.8.4 As equações parametrizadas das funções $M(t)$, $N(t)$, $g(t)$ e $\mu(t)$	74
3.8.4.1 Equação de Weibull para Função Manutibilidade	74
3.8.4.2 Equação de Weibull para Função Não-manutibilidade	75
3.8.4.3 Equação de Weibull para Função Densidade de Probabilidade de Recolocação em Serviço	75
3.8.4.4 Equação de Weibull para Função Taxa Instantânea de Recolocação em Serviço	75
3.9 Estimativas de Confiabilidade	75
3.9.1 Estimativas de Parâmetros da Distribuição de Weibull	76
3.10 Confiabilidade de Sistemas	78
3.10.1 Sistemas em Série	79
3.10.2 Sistemas em Paralelo	80
3.10.3 Sistemas Mistos	81
3.10.4 Sistemas Complexos	81
CAPÍTULO 4 - A MANUTENÇÃO NA EFFEM DO BRASIL	83
4.1 A empresa Effem do Brasil Inc. & Cia.	83
4.2 O cenário inicial do setor de manutenção na Unidade de Eldorado do Sul	87
4.2.1 Os problemas encontrados no setor de manutenção	89
4.2.1.1 Ausência de liderança nas equipes de turno	89
4.2.1.2 Falta de documentação dos serviços de manutenção	91
4.2.1.3 Planejamento deficiente dos trabalhos de manutenção	91
4.2.1.4 Falta de um <i>software</i> para gerenciar os dados de manutenção	91
4.2.1.5 Ausência de indicadores de desempenho da manutenção	92
4.2.1.6 Inexistência de uma estratégia de Manutenção Preventiva	92
4.2.1.7 Pouca funcionalidade da oficina central	94
4.2.1.8 Controle de estoques deficiente	94
4.3 Diagnóstico condensado dos problemas no setor de manutenção	95

CAPÍTULO 5 – AS MUDANÇAS NA MANUTENÇÃO	96
5.1 As modificações introduzidas no Setor de Manutenção	96
5.1.1 A criação dos encarregados de turno e o fortalecimento da manutenção	97
5.1.2 A implantação da Requisição de Serviço de Manutenção	100
5.1.3 A criação do setor de planejamento da manutenção	105
5.1.4 A implantação do Sistema de Gerenciamento da Manutenção (SGM)	109
5.1.5 O desenvolvimento dos indicadores de desempenho	111
5.1.6 A criação do Plano de Manutenção Preventiva	114
5.1.6.1 A aplicação dos conceitos de Confiabilidade na Manutenção Preventiva	119
5.1.7 As melhorias no <i>lay-out</i> da oficina central e demais anexos da manutenção	125
5.1.8 As melhorias implementadas no controle dos estoques	129
5.2 Resumo dos resultados das ações empreendidas no setor de manutenção	130
5.2.1 Indicadores numéricos	130
5.2.2 Avaliação qualitativa	131
5.3 Elementos de um Modelo para Gestão da Manutenção	131
5.4 Prioridades da gestão da manutenção em um cenário de capacidade ociosa	136
CAPÍTULO 6 – CONCLUSÃO	137
6.1 Considerações Finais	137
6.2 Sugestões de trabalhos futuros	140
Referências Bibliográficas	141
Anexo 1 – Relação de empresas participantes das pesquisas da ABRAMAN	145
Anexo 2 – Exemplo de Requisição de Serviço de Manutenção	156

LISTA DE ABREVIATURAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRAMAN - Associação Brasileira de Manutenção
ABRAS - Associação Brasileira de Supermercados
AFNOR - Associação Francesa de Normalização
BKG - Backlog
CA - Subconjunto Eixos e Rolamentos do Corpo da Extrusora
CAD - Computer Aided Design ou Projeto Assistido por Computador
CM - Subconjunto Mancais
COPEL - Companhia Petroquímica do Sul
DG - Índice de Disponibilidade Geral
EPRI - Electric Power Research Institute
ES - Subconjunto Estrutura
EUA - Estados Unidos da América
EX1401 - Equipamento Extrusora 1401
FMEA - Failure Modes and Effects Analysis ou Análise dos Efeitos e Modos de Falha.
FTA - Failure Tree Analysis ou Análise por Árvore de Falhas
GLP - Gás Liquefeito de Petróleo
HE - Subconjunto Helicóide da Extrusora
IBP - Instituto Brasileiro do Petróleo
IM - Índice de Indisponibilidade devida à Manutenção
IMC - Índice de Indisponibilidade devida à Manutenção Corretiva
IN - Subconjunto Instrumentação de Controle
JIT - Just in Time ou Sistema Justo a Tempo
JUSE - Japanese Union of Scientists and Engineers
MCC - Manutenção Centrada em Confiabilidade
MFGPRO - Manufacturing Program
MRP II - Manufacturing Resources Planning ou Planejamento dos Recursos de Manufatura
MMS - Maintenance Management System ou Sistema de Gerenciamento da Manutenção
MM1204 - Equipamento Moinho Martelo 1204
MPT - Manutenção Produtiva Total
MP2 - Maintenance Program version 2
MLE - Maximum Likelihood Estimate ou Método da Estimativa de Verossimilhança Máxima
MO - Subconjunto Motor
MTBF - Mean Time Between Failures ou Tempo Médio entre Falhas
MTTR - Mean Time To Repair ou Tempo Médio de Reparo
NBR - Norma Brasileira
NF - Norma Francesa
ONU - Organização das Nações Unidas
PA - Subconjunto Painel de Força

PCP - Planejamento e Controle da Produção
PDCA - Ciclo de Gerenciamento *Plan, Do, Check, Act*
PNQC - Programa Nacional de Qualificação e Certificação
PPGEP - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção
PROCONF - Programa de Confiabilidade
RCM - Reliability Centered Maintenance ou Manutenção Centrada em Confiabilidade
RO - Subconjunto Rolamentos
RSM - Requisição de Serviço de Manutenção
RT - Subconjunto Rotor e Martelos
SGM - Sistema de Gerenciamento da Manutenção
TPA - Tempo de Paralisação da Produção
TPM - Total Productive Maintenance ou Manutenção Produtiva Total
TPR - Tempo em Produção
TQC - Total Quality Control ou Controle da Qualidade Total
TR - Subconjunto Transmissão de Força
TU - Subconjunto Tubulações de Alimentação de Produtos

LISTA DE SÍMBOLOS

D - Disponibilidade

n_0 - número de componentes em teste

$n_f(t)$ - número de componentes em teste que entrou em falha

$n_s(t)$ - número de componentes em teste que permanece operando

t - variável tempo

t_f - tempo em que a totalidade dos componentes em teste falhou

f(t) - Função Densidade de Probabilidade de Falha

F(t) - Função Acumulada de Falha ou Função Desconfiabilidade

R(t) - Função Acumulada de Sucesso ou Função Confiabilidade

h(t) - Função Taxa de Risco ou Taxa Instantânea de Falha

H(t) - Função Taxa de Risco Acumulada

g(t) - Função Densidade de Probabilidade de Recolocação em Serviço

M(t) - Função Manutibilidade

N(t) - Função Não-manutibilidade

$\mu(t)$ - Função Taxa Instantânea de Recolocação em Serviço

t_0 - Tempo de Vida Mínima - Parâmetro de Posição da Distribuição de Weibull para as Funções de Confiabilidade

η - Vida Característica - Parâmetro de Escala da Distribuição de Weibull para as Funções de Confiabilidade

β - Parâmetro de Forma da Distribuição de Weibull para as Funções de Confiabilidade

e - base do logaritmo neperiano ou natural, constante de Euler (2,71828...)

γ - Parâmetro de Forma da Distribuição de Weibull para as Funções de Manutibilidade

μ_0 - Taxa de Recolocação Característica - Parâmetro de Escala da Distribuição de Weibull para as Funções de Manutibilidade

$\hat{\beta}$ - estimador do parâmetro β da Distribuição de Weibull

$\hat{\eta}$ - estimador tendencioso do parâmetro η da Distribuição de Weibull

G_n - fator de correção para $\hat{\eta}$

$\hat{\eta}_u$ - estimador não tendencioso do parâmetro de escala

t_i - intervalo de tempo até a ocorrência de falha (dado completo de falha)

t_r - intervalo de tempo decorrido sem ocorrência de falha (dado censurado de falha)

n - número total de amostras

r - número de amostras completas (dado completo de falha)

(n - r) - número de amostras censuradas (dado censurado de falha)

ln - logaritmo neperiano ou natural

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 - Número de empresas que responderam às pesquisas	03
Tabela 1.2 - As formas de organização da manutenção	04
Tabela 1.3 - Empregados na manutenção / Total de empregados da empresa	05
Tabela 1.4 - Rotatividade anual do pessoal de manutenção (<i>Turn over</i>)	06
Tabela 1.5 - Pessoal Próprio / Total do Pessoal (empregados + terceiros) Equipe de Execução da Manutenção	06
Tabela 1.6 - Os níveis hierárquicos na manutenção	07
Tabela 1.7 - Polivalência x Especialização	08
Tabela 1.8 - Participação da produção nas atividades de manutenção	08
Tabela 1.9 - Distribuição das atividades da manutenção	09
Tabela 1.10 - Monitoração do funcionamento de equipamentos	10
Tabela 1.11 - Disponibilidade Geral (DG) e Indisponibilidade devida à Manutenção (IM) - Pesquisa de 1997	11
Tabela 1.12 - Disponibilidade Geral (DG) e Indisponibilidade devida à Manutenção (IM) - Pesquisa de 1999	12
Tabela 1.13 - Principais indicadores de desempenho	13
Tabela 1.14 - Os custos anuais de manutenção das empresas (1995 e 1997)	15
Tabela 1.15 - Os custos anuais de manutenção das empresas (1999)	16
Tabela 1.16 - Composição dos custos de manutenção	17
Tabela 1.17 - Contratação de serviços de terceiros	17
Tabela 1.18 - Informática na manutenção	18
Tabela 1.19 - Atividades incorporadas pela organização da manutenção	19

Tabela 4.1 - Índice de paradas por problemas de manutenção	93
Tabela 5.1 - RSM's emitidas por plantas	103
Tabela 5.2 - % RSM's emitidas por plantas - valor médio histórico	103
Tabela 5.3 - Intervalos de inspeção do Moinho Martelo	116
Tabela 5.4 - Intervalos de inspeção da Extrusora	117
Tabela 5.5 - Simulação do PROCONF ES/EX1401 - Parâmetros de Weibull	122
Tabela 5.6 - Simulação do PROCONF RT/MM1204 - Parâmetros de Weibull	123
Tabela 5.6 - Índice de Paradas por Problemas de Manutenção	125
Tabela 5.7 - Ações tomadas e resultados numéricos alcançados	130

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - As ramificações da manutenção conforme Mirshawka (1993, pág.13).	30
Figura 2.2 - Os tipos de manutenção adaptado de ONU (1975, pág.3).	31
Figura 3.1 - Frequências relativas de falha - adaptada de Santos (1996, pág.16).	57
Figura 3.2 - Frequências acumuladas de falha - adaptada de Santos (1996, pág.16).	57
Figura 3.3 - Distribuição de falhas - adaptada de Santos (1996, pág.17).	58
Figura 3.4 - “Curva da Banheira” - adaptada de Kelly & Harris (1980, pág.47).	62
Figura 3.5 - A Função Densidade de Probabilidade de Falha - Distribuição de Weibull parâmetros: $\beta = 0,5; 1; 2$ e $4 \therefore \eta = 1 \therefore t_0 = 0$ - Santos (1996, pág.21).	69
Figura 3.6 - Sistema com n componentes ligados em Série.	79
Figura 3.7 - Sistema com n componentes ligados em paralelo.	80
Figura 3.8 - Sistema Misto.	81
Figura 3.9 - Um exemplo de Sistema Complexo - Ribeiro (1995, pág.4.8).	82
Figura 4.1 - Organograma do Setor de Manutenção - Fase Inicial.	90
Figura 4.2 - Lay-out inicial da oficina central e anexos localizados em outros prédios.	94
Figura 5.1 - Organograma do setor de manutenção na fase intermediária.	106
Figura 5.2 - Organograma final do setor de manutenção.	108
Figura 5.3 - Curva de Confiabilidade - Estrutura da EX1401.	120
Figura 5.4 - Curva de Distribuição Acumulada de Falhas - Estrutura da EX1401.	120
Figura 5.5 - Curva de Distribuição de Probabilidade Falhas - Estrutura da EX1401.	121
Figura 5.6 - Curva de Taxa de Falhas - Estrutura da EX1401.	121
Figura 5.7 - Lay-out intermediário da oficina central e anexos em outros prédios.	127
Figura 5.8 - Lay-out definitivo da oficina central e anexos em outros prédios.	128
Figura 5.9 - A gestão da manutenção em empresas de grande porte.	134

RESUMO

O gerenciamento da manutenção é um assunto importante por que a indústria necessita extrair o máximo de retorno dos seus ativos fixos e dos seus recursos para ser competitiva, lutando por uma maior participação no mercado. É necessário empregar tecnologias de gestão voltadas para o planejamento e controle das atividades de manutenção. Estratégias de Manutenção Preventiva também devem ser adotadas para assegurar um bom desempenho da produção.

Esta pesquisa tem como objetivo principal apresentar e discutir a implantação de um sistema de gestão da manutenção em uma indústria do ramo alimentício, que prioriza a maximização da disponibilidade dos equipamentos de produção, enquanto controla custos. Entende-se por sistema de gestão um conjunto de técnicas e medidas que foram aplicadas na empresa para organização do setor de manutenção e melhoria dos seus resultados. Outros objetivos são: revisar os conceitos de Engenharia de Confiabilidade aplicados à manutenção, discutir o emprego de *softwares* especialistas no apoio a uma gestão do setor de manutenção, discutir a importância da Manutenção Preventiva e identificar alguns elementos que deveriam estar presentes em um modelo de gestão da manutenção apropriado para grandes empresas industriais.

Este trabalho de pesquisa iniciou em maio de 1995 com um diagnóstico dos problemas encontrados no setor de manutenção. Oito questões foram consideradas como as mais críticas naquele momento: a falta de liderança nas equipes de turno, a falta de documentação dos serviços realizados, o planejamento deficiente dos trabalhos, a falta de um *software* para gerenciar os dados de manutenção, a ausência de indicadores de desempenho, a inexistência de Manutenção Preventiva nas plantas produtivas, o *lay-out* inadequado da oficina central e finalmente a deficiência no controle dos estoques dos sobressalentes.

As medidas corretivas adotadas para solução dos problemas identificados no diagnóstico foram implantadas num período de três anos, de 1995 a 1998. Cada mudança de procedimento, nova técnica ou ferramenta adotada foi discutida previamente com toda a equipe de manutenção em diversas reuniões para esclarecer as metas e assegurar o comprometimento das pessoas.

Os principais resultados obtidos foram a redução das perdas por manutenções corretivas e o aumento na disponibilidade dos equipamentos de produção. Outros ganhos verificados foram a melhoria do atendimento aos clientes internos, um controle mais eficaz dos custos e o aumento da produtividade da equipe de manutenção.

Palavras chaves: Manutenção, Confiabilidade, Indústria de alimentos.

ABSTRACT

Maintenance management is an important subject since the industry needs the maximum return from their assets and resources in order to be competitive, fighting to increase their market share. It's necessary to use management techniques oriented to planning and control of the maintenance activities. Preventive Maintenance strategies also must be adopted to assure a good performance of the production.

The main objective of this research is to present and to discuss the implementation of a maintenance management system in a food industrial plant that gives priority to maximize the availability of production equipment while controls the costs. A maintenance management system is understood as a set of techniques and actions implemented in the company to organize the maintenance sector and improve its results. Other objectives are: to review the Reliability Engineering concepts applied to maintenance, to discuss the usage of softwares dedicated to maintenance management, to discuss the Preventive Maintenance importance, and to identify some elements that should be present in a maintenance management model appropriated for big industrial companies.

This research began in May in 1995 with a diagnosis of the problems found in the maintenance sector. Eight issues were considered as the most critical at that moment: the lack of leadership in the shift crews, the lack of documentation of the maintenance activities, the poor planning, the lack of a software to support maintenance data management, the absence of maintenance key performance parameters, the inexistence of a Preventive Maintenance Plan for the production plants, the inadequate lay-out of the maintenance shop, and finally the poor spare parts stock control.

The corrective actions taken to solve the problems identified in the diagnosis were implemented in a period of three years, from 1995 to 1998. Each change in the procedures, new technique or tool adopted was previously discussed with all the maintenance crew in several meetings to clarify the objectives and assure commitment.

The main results obtained were the reduction of the losses due corrective maintenance works and the growth of the production equipment availability. Other benefits were the improvement of the internal clients' service level, a more effective cost control, and the increase of the maintenance crew productivity.

Key words: Maintenance, Reliability, Food Industry.

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1 Comentários iniciais

A manutenção em uma empresa industrial é uma atividade de apoio à produção na forma de prestação de serviços e, muito comumente, é encarada como um mal necessário. Esta visão perpetua-se porque fazer manutenção tem um custo, não agrega valor perceptível pelo cliente final ao produto ou serviço comercializado pela empresa e gera indisponibilidades momentâneas no uso de bens e recursos

No entanto, a inexorável ação do tempo torna inevitável que equipamentos e instalações necessitem periodicamente de reparos, regulagens e limpeza para continuarem operando eficientemente.

A manutenção, quando é mal gerenciada, torna-se um sorvedouro de recursos ao mesmo tempo que oferece soluções precárias e tardias. Muitas vezes, permite o agravamento de problemas que, se detectados no início, não afetariam o desempenho da produção e nem onerariam pesadamente os custos da empresa. É a gestão do tipo “apagar incêndios”, caracterizada pelo amadorismo e pela falta de planejamento, que traz tantas ineficiências e prejuízos.

Esta abordagem pode gerar no observador leigo a ilusão de que a equipe de manutenção é extremamente trabalhadora e empenhada na solução dos problemas, o que muitas vezes é verdade, pois o que se observa é que os técnicos estão incessantemente envolvidos no conserto de alguma máquina avariada. Na realidade, as freqüentes paradas na produção e esta atividade constante de arrumar o que quebra são conseqüências da má administração, da falta de planejamento e da falta de um trabalho preventivo.

Quando bem administrada, no entanto, a manutenção maximiza a disponibilidade dos equipamentos e introduz modificações que podem melhorar a performance, a confiabilidade e a segurança. Neste caso, os custos são controlados, os trabalhos são programados em conjunto com o setor de produção e com o setor de planejamento e controle da produção (PCP) para serem executados no momento mais adequado. Além disto, são empregadas técnicas para procurar antecipar os problemas potenciais, atuando-se preventivamente. As quebras inesperadas são minimizadas. Agindo desta maneira, o setor de manutenção pode fornecer uma contribuição importante para o sucesso do negócio. É esta segunda forma de trabalhar que será discutida neste texto.

1.2 Dados estatísticos sobre a manutenção no Brasil

Para iniciar a discussão do tema deste trabalho, é oportuna a apresentação de alguns dados sobre a situação da manutenção no Brasil, publicados pela Associação Brasileira de Manutenção (ABRAMAN).

A ABRAMAN é uma organização privada que trabalha com o objetivo de melhorar o padrão da manutenção no Brasil, tanto no seu aspecto técnico como também na sua gestão. A ABRAMAN foi fundada em 1984, no Rio de Janeiro, e teve sua origem nas grandes empresas petrolíferas, pólos petroquímicos, concessionárias estatais de energia elétrica e no Instituto Brasileiro do Petróleo (IBP). Ela ministra cursos, organiza encontros regionais, reúne a comunidade da manutenção em um grande congresso anual, edita uma revista especializada e está desenvolvendo um programa de qualificação e certificação técnica em todo o país para elevar o nível dos profissionais de manutenção (PNQC - Programa Nacional de Qualificação e Certificação). Ela é filiada à Federação Ibero-Americana de Manutenção, sediada em Barcelona na Espanha.

A ABRAMAN vem publicando uma pesquisa bienal que busca retratar a situação da manutenção no Brasil. Os realizadores desta pesquisa tem enfrentado algumas dificuldades relacionadas com o seu custo elevado e, infelizmente, ainda é baixa a participação das empresas. Um número reduzido de grandes empresas têm respondido aos questionários da pesquisa e, em conseqüência, os resultados acabam por não refletir o cenário brasileiro como um todo, mas sim as práticas principalmente das empresas mais ricas, poderosas e que adotam os mais elevados padrões técnicos, de qualidade, de gestão e de segurança.

As três últimas edições foram realizadas nos anos de 1995, 1997 e 1999 e parte dos seus resultados são apresentados e comentados na seqüência do texto. Eventualmente, poderá ocorrer que alguns termos mais técnicos que aparecem prematuramente aqui, nesta etapa do trabalho, possam não ser perfeitamente compreendidos, mas estes serão definidos ao longo dos capítulos 2 e 3 de revisão bibliográfica.

Não se está buscando identificar tendências de mudanças ao longo do tempo a partir da análise destes três conjuntos de dados, uma vez que as empresas participantes não são exatamente as mesmas e os tamanhos das amostras diferem consideravelmente. As pesquisas são úteis para fazer uma avaliação das práticas e estratégias em uso pelas empresas, bem como para fornecer índices que sirvam de referência.

Tabela 1.1 - Número de empresas que responderam às pesquisas

Ano	1995	1997	1999
Empresas	211	140	115

As empresas participantes da pesquisa aparecem listadas no anexo 1, mas nem todas responderam integralmente ao questionário enviado.

Tabela 1.2 - As formas de organização da manutenção

Ano	1995	1997	1999
Descentralizada	13,70 %	15,83 %	21,55 %
Mista	33,50 %	41,67 %	37,93 %
Unidade de Negócios	6,60 %	-----	-----
Centralizada	46,20 %	42,50 %	40,52 %

A classificação “organização por unidade de negócios” foi abolida a partir da edição de 1997 da pesquisa, simplificando a interpretação dos dados, uma vez que, dentro de cada unidade independente de negócios de uma empresa, as atividades de manutenção podem ser desempenhadas de uma das seguintes formas:

- a) as atividades podem ser todas centralizadas no setor de manutenção;
- b) as atividades podem ser descentralizadas, ficando sob a responsabilidade de cada setor de produção realizá-las com sua própria equipe técnica;
- c) a responsabilidade é compartilhada, sendo algumas atividades realizadas pelo setor de manutenção e outras pelos setores de produção, o que se denomina de organização mista.

Na organização mista, a responsabilidade pela manutenção dos equipamentos ao longo da produção normal é do setor de produção e, neste caso, há profissionais capacitados na equipe para execução destas tarefas, subordinados a sua chefia. O setor de manutenção é responsável pelas atividades planejadas tais como: reformas de máquinas, trabalhos que demandam um maior refinamento técnico, atividades de Manutenção Preventiva e a conservação dos equipamentos de utilidades e prédios.

A análise da tabela 1.2 revela que as formas centralizada e mista de organização são as preferidas.

Muitas empresas no Brasil têm adotado o *Total Quality Control (TQC)* para gestão do seu negócio, associado muitas vezes ao *Just in Time (JIT)* na administração da produção e da logística. Integrada a eles ou mesmo sozinha, a *Total Productive Maintenance (TPM)* tem sido implantada por diversas empresas para gestão da manutenção.

A *TPM*, que pela sua complexidade e importância será tratada com maior atenção na seção 2.6 do capítulo 2, caracteriza-se por repartir a responsabilidade da execução das tarefas de conservação e reparo dos equipamentos entre o setor de manutenção e o setor de produção. Os operadores realizam pequenos consertos, a limpeza técnica e a lubrificação das suas máquinas. O setor de manutenção fica encarregado das tarefas mais complexas, dos trabalhos de melhorias em máquinas e equipamentos, voltados para aumento da confiabilidade e segurança, e também da execução da Manutenção Preventiva. Esta é uma forma de organização mista.

Tabela 1.3 - Empregados na manutenção / Total de empregados da empresa

Ano	1995	1997	1999
EM / TE	21,01 %	19,94 %	19,65 %

Na média das empresas pesquisadas, aproximadamente um empregado em cada grupo de cinco está dedicado para a manutenção.

Tabela 1.4 - Rotatividade anual do pessoal de manutenção (*Turn over*)

Ano	1995	1997	1999
Rotatividade de Pessoal Anual	2,75 %	2,22 %	2,45 %

A rotatividade de pessoal nesta categoria costuma ser baixa. O domínio tecnológico é estratégico e o conhecimento profundo dos equipamentos da planta é fundamental para que as intervenções sejam rápidas e eficientes, assim é importante que a equipe não esteja sempre mudando. É por estas razões que a maior parte dos profissionais de manutenção são empregados das empresas, conforme pode ser observado na tabela 1.5.

Tabela 1.5 - Pessoal Próprio / Total do Pessoal (empregados + terceiros)
Equipe de Execução da Manutenção

Ano	1995	1997	1999
Pessoal Próprio / Total Pessoal (Equipe de Execução da Manutenção)	69,42 %	77,03 %	67,79 %

Entende-se por equipe de “Execução da Manutenção” os profissionais que efetivamente atendem as ocorrências no dia a dia da empresa, sejam eles empregados ou terceiros. As pessoas envolvidas no planejamento das atividades, estudos técnicos e nas tarefas de apoio e controle do setor de manutenção estão consideradas em um outro grupo denominado de “Engenharia de Manutenção”.

A mão-de-obra terceirizada é empregada para regular as flutuações na carga de trabalho, atua em projetos temporários, nas grandes paradas de manutenção das plantas industriais ou realiza trabalhos que não estejam ligados diretamente à atividade fim da empresa (limpeza técnica, pintura, manutenção predial, manutenção de sistemas de telecomunicação, revisão periódica de equipamentos de refrigeração e ar condicionado, revisão periódica de equipamentos de utilidades, etc.).

Tabela 1.6 – Os níveis hierárquicos na manutenção

Ano	1995	1997	1999
1 nível	3,61 %	7,02 %	6,09 %
2 níveis	16,49 %	25,44 %	29,57 %
3 níveis	47,42 %	47,37 %	44,35 %
4 níveis	23,71 %	15,79 %	13,91 %
5 níveis	6,70 %	3,50 %	6,08 %
6 níveis ou mais	2,07 %	0,88 %	0,00 %

A tabela 1.6 mostra que existe uma concentração de empresas com três níveis hierárquicos. Dentro da hierarquia das organizações, o maior cargo do setor de manutenção é ocupado por um diretor ou por um superintendente na maioria das empresas pesquisadas. Este fato foi observado em 86 % das empresas pesquisadas em 1995, este índice foi de 80 % em 1997 e na amostragem feita em 1999 houve uma queda para 69,56 %.

A tabela 1.7 aborda a questão da polivalência dos profissionais da manutenção que é uma qualidade valorizada pelas empresas interessadas em possuírem quadros enxutos de pessoal, mas que sejam flexíveis.

Tabela 1.7 – Polivalência x Especialização

Ano	1995	1997	1999
Profissionais executam tarefas somente de uma mesma especialidade	8,69 %	6,90 %	5,22 %
Profissionais executam tarefas da sua especialidade principal e outra complementar	51,39 %	38,79 %	37,39 %
Profissionais executam tarefas de mais de uma Especialidade	39,92 %	54,31 %	57,39 %

A tabela 1.8 permite avaliar como a equipe de produção está participando nas atividades de manutenção.

Tabela 1.8 – Participação da produção nas atividades de manutenção

Ano	1995	1997	1999
Trabalham em conjunto com a Manutenção	24,15 %	21,74 %	26,84 %
Participam executando serviços rotineiros	14,83 %	21,74 %	12,04 %
Participam realizando pequenos reparos	12,29 %	10,87 %	10,19 %
Participam esporadicamente	25,85 %	28,98 %	23,15 %
Participam na falta de pessoal	1,69 %	1,45 %	0,93 %
Não participam	21,19 %	15,22 %	26,85 %

A participação das equipes de produção executando algumas atividades de manutenção mais simples tem sido incentivada e é uma prática que deverá crescer nos próximos tempos.

Os principais objetivos perseguidos são:

- a) tornar os operadores mais responsáveis pela conservação do seu equipamento de trabalho;
- b) agilizar as intervenções, permitindo a atuação tão logo um desvio seja detectado;
- c) permitir a redução das equipes de manutenção, formadas por profissionais mais caros, que devem dedicar-se para as atividades de maior complexidade técnica.

Tabela 1.9 – Distribuição das atividades da manutenção

Ano	1995	1997	1999
Execução de Projetos de Melhorias	13,56 %	-----	-----
Manutenção Preventiva Condicional / Preditiva	18,64 %	18,54 %	17,17 %
Manutenção Preventiva Sistemática	35,00 %	28,75 %	35,84 %
Manutenção Corretiva	32,80 %	25,53 %	27,85 %
Outros	-----	27,18 %	19,14 %

A tabela 1.9 mostra as categorias de atividades executadas pelo setor de manutenção, as quais serão discutidas em detalhe na seção 2.4 do capítulo 2.

A execução de Projetos de Melhorias pela equipe de manutenção permite aproveitar a estrutura existente de pessoal, maquinário e ferramentas.

De uma forma bem simplificada, pode-se dizer que a Manutenção Preventiva, seja ela Condicional ou Sistemática, busca antecipar a ocorrência indesejável de problemas durante a operação normal e a Manutenção Corretiva objetiva restabelecer o funcionamento de equipamentos em pane. Como se pode observar na tabela 1.9, é bastante alto o índice de Manutenções Corretivas nas empresas pesquisadas.

Tabela 1.10 - Monitoração do funcionamento de equipamentos críticos

Ano	1995	1997	1999
Faz monitoração automática - <i>on line</i>	10,58 %	10,17 %	12,16 %
Faz monitoração com coletor de dados e <i>software</i> de análise	29,10 %	50,85 %	44,59 %
Faz monitoração manual	47,62 %	30,51 %	37,17 %
Não monitoram	12,70 %	8,47 %	6,08 %

Os índices apresentados na tabela 1.10 demonstram que é grande a preocupação com a prevenção, uma vez que é alto o percentual de empresas que estão empregando técnicas de monitoração do funcionamento dos seus equipamentos mais críticos. Estas técnicas exigem ferramental relativamente sofisticado e profissionais treinados para leitura e interpretação dos dados coletados, de maneira a procurar antecipar o momento da falha e permitir a utilização ao máximo dos ativos. Este é o escopo da Manutenção Preditiva.

As tabelas 1.11 e 1.12 mostram os índices de Disponibilidade Geral (DG) e Indisponibilidade devida à Manutenção (IM) que mensuram com que grau de eficiência o recurso tempo está sendo aproveitado.

O índice de Disponibilidade Geral (DG) revela o percentual do tempo disponível realmente utilizado para produção ou na atividade fim da empresa, sendo o restante perdido por diversas razões.

O índice de Indisponibilidade devida à Manutenção (IM) mostra quanto desta perda se dá em função de trabalhos de manutenção (Manutenção Corretiva e Preventiva). Este é um parâmetro importantíssimo para avaliar o desempenho do setor de manutenção de uma empresa.

Tabela 1.11 – Disponibilidade Geral (DG) e Indisponibilidade devida à Manutenção (IM)
Pesquisa de 1997

Índices	DG	IM
Açúcar / Álcool / Agropecuário	85,63 %	3,50 %
Automotivo	87,14 %	4,72 %
Bebidas	81,25 %	5,00 %
Cimento	90,00 %	6,67 %
Eletricidade	86,25 %	5,83 %
Hospitalar	62,50 %	12,50 %
Máquinas / Equipamentos	69,17 %	9,17 %
Metalúrgico	81,67 %	2,50 %
Mineração	92,50 %	3,50 %
Papel	91,25 %	3,75 %
Petróleo	91,65 %	6,50 %
Petroquímico	96,50 %	2,50 %
Plástico	79,17 %	2,50 %
Prestação de Serviços	86,25 %	4,64 %
Químico	89,17 %	5,00 %
Saneamento	78,75 %	5,00 %
Siderúrgico	92,08 %	2,50 %
Têxtil	95,50 %	2,50 %
Transporte	92,50 %	2,50 %
Vidro	87,50 %	4,17 %
Média Geral	85,82 %	4,74 %

Tabela 1.12 – Disponibilidade Geral (DG) e Indisponibilidade devida à Manutenção (IM)
Pesquisa de 1999

Índices	DG	IM
Açúcar / Alimentos / Bebida / Fumo	83,21 %	8,93 %
Cimento / Cerâmica	95,00 %	3,75 %
Eletricidade / Energia	88,13 %	2,50 %
Eleto-eletrônica	94,17 %	5,83 %
Engenharia / Prestação de Serviços / ...		
Construção / Saneamento	87,50 %	22,50 %
Farmacêutico	82,50 %	7,50 %
Hospitalar	77,50 %	9,17 %
Máquinas / Equipamentos	92,50 %	5,83 %
Metalúrgico / Mineração	80,00 %	7,50 %
Material de Transporte	94,17 %	2,50 %
Papel / Celulose	90,71 %	3,93 %
Petróleo	93,50 %	3,50 %
Petroquímico	96,39 %	2,50 %
Plásticos / Borracha	85,42 %	4,17 %
Predial / Hotelaria	83,13 %	6,25 %
Químico	87,78 %	8,06 %
Siderúrgico	92,50 %	3,50 %
Têxtil	95,83 %	2,50 %
Transporte	89,00 %	11,50 %
Média Geral	89,30 %	5,63 %

A tabela 1.13 traz os indicadores mais utilizados pelas empresas no gerenciamento da manutenção.

Os indicadores permitem a avaliação da qualidade do trabalho realizado, a identificação de problemas existentes ou potenciais, o controle das atividades, a definição da distribuição dos recursos, a verificação dos resultados obtidos e a confrontação com os objetivos traçados.

Assim, há indicadores adequados para reportar os resultados e embasar decisões da direção da empresa (nível estratégico), indicadores para controle do gerente de manutenção (nível tático) e outros voltados para orientação da supervisão e da equipe de trabalho (nível operacional).

A adoção de um conjunto adequado de indicadores é fundamental para administrar eficazmente, pois como diz o célebre personagem do gato no romance “Alice no país das maravilhas” de Lewis Carroll:

“ ... para quem não sabe onde quer ir qualquer caminho serve. ”

Tabela 1.13 – Principais indicadores de desempenho

Ano	1995	1997	1999
Custos	26,21 %	26,49 %	26,32 %
Freqüência de Falhas	17,54 %	12,20 %	14,24 %
Satisfação do Cliente	13,91 %	11,01 %	11,76 %
Disponibilidade Operacional	25,20 %	24,70 %	22,60 %
Retrabalho	9,07 %	5,65 %	8,36 %
<i>Backlog</i>	8,07 %	6,55 %	8,98 %
Outros Indicadores	-----	11,31 %	4,95 %
Não utilizam	-----	2,09 %	2,79 %

A tabela 1.13 apresenta na realidade categorias de indicadores, tendo em vista que há diversos indicadores diferentes que são empregados para análise de custos, para expressão da satisfação do cliente, para representação da disponibilidade operacional, para medição do retrabalho e do tamanho do *backlog*. Tomando como exemplo apenas alguns indicadores de custos, pode-se medir: custo de manutenção por unidade produzida, custo total de manutenção em relação ao faturamento, custo da manutenção preventiva em relação ao custo total de manutenção, custo do tempo parado para manutenção corretiva, custo total de manutenção em valor absoluto, etc.

Conforme Tavares (1996, pág.114), o indicador *backlog*, citado na tabela, é:

“... o tempo que a equipe de manutenção deverá trabalhar para executar os serviços pendentes, supondo que não cheguem novos pedidos ou ordens de serviço durante a execução destas pendências.”

Um excelente trabalho de referência a respeito de indicadores para a manutenção foi realizado pelo engenheiro eletricitista Gil Branco Filho no artigo “Padronização de Índices de Manutenção”, que se encontra na Apostila II do Curso de Gerência de Manutenção, realizado pela ABRAMAN em 1995 no Rio de Janeiro. Neste artigo ele demonstra a importância do uso de indicadores a partir de uma abordagem embasada no *TQC*, traz uma sugestão para padronização dos nomes dos diversos indicadores e apresenta uma lista com dezenas de índices mais usados com as suas formas de determinação.

As tabelas 1.14 e 1.15, na seqüência, apresentam os gastos anuais com a manutenção, determinados como percentual do patrimônio (% Pat) e como percentual do faturamento (% Fat) das empresas, agrupadas por setores produtivos.

Tabela 1.14 - Os custos anuais de manutenção das empresas (1995 e 1997)

Ano	1995	1995	1997	1997
% Patrimônio & % Faturamento	% Pat	% Fat	% Pat	% Fat
Açúcar / Álcool / Agropecuário	2,00 %	5,33 %	4,38 %	4,00 %
Alimentos	1,50 %	2,50 %	-----	-----
Automotivo	3,58 %	2,00 %	2,00 %	1,67 %
Bebidas	-----	-----	5,00 %	1,00 %
Cimento	2,20 %	3,00 %	2,60 %	3,00 %
Eletricidade	1,81 %	2,14 %	1,00 %	3,00 %
Eletro-eletrônica	3,83 %	3,17 %	-----	-----
Farmacêutico	1,67 %	2,33 %	-----	-----
Fertilizantes	5,70 %	5,25 %	-----	-----
Hospitalar	4,75 %	3,33 %	1,00 %	10,00 %
Máquinas / Equipamentos	5,10 %	4,40 %	3,00 %	3,00 %
Metalúrgico	3,17 %	3,75 %	5,50 %	3,75 %
Mineração	4,10 %	7,20 %	6,60 %	8,15 %
Papel / Celulose	2,31 %	6,10 %	1,67 %	3,75 %
Petróleo	2,83 %	3,64 %	3,33 %	4,75 %
Petroquímico	2,14 %	2,50 %	3,00 %	2,20 %
Plástico / Borracha	6,17 %	6,67 %	3,67 %	3,00 %
Prestação de Serviços	8,20 %	5,71 %	3,00 %	6,40 %
Químico	3,40 %	4,08 %	2,00 %	3,66 %
Saneamento	2,00 %	3,00 %	1,00 %	1,00 %
Siderúrgico	4,14 %	6,29 %	4,50 %	8,66 %
Têxtil	2,88 %	2,60 %	1,67 %	2,32 %
Transportes	2,13 %	8,83 %	3,00 %	10,00 %
Vidro	-----	-----	4,17 %	4,65 %
Média Geral	3,44 %	4,26 %	3,19 %	4,39 %

Tabela 1.15 - Os custos anuais de manutenção das empresas (1999)

Ano	1999	1999
% Patrimônio & % Faturamento	% Pat	% Fat
Açúcar / Alimentos / Bebida / Fumo	2,89 %	1,89 %
Cimento / Cerâmica	2,50 %	3,50 %
Eletricidade / Energia	2,63 %	1,67 %
Eleto-eletrônica	4,00 %	1,67 %
Engenharia / Prestação de Serviços / ...		
Construção / Saneamento	3,25 %	5,00 %
Farmacêutico	1,00 %	1,00 %
Hospitalar	3,50 %	3,17 %
Máquinas / Equipamentos	4,88 %	2,60 %
Metalúrgico / Mineração	1,80 %	5,17 %
Material de Transporte	8,50 %	3,75 %
Papel / Celulose	2,57 %	4,38 %
Petróleo	2,50 %	3,33 %
Petroquímico	2,39 %	2,11 %
Plásticos / Borracha	3,80 %	3,17 %
Predial / Hotelaria	4,88 %	5,33 %
Químico	3,13 %	4,00 %
Siderúrgico	5,63 %	6,75 %
Têxtil	2,50 %	1,00 %
Transporte	6,50 %	9,50 %
Média Geral	3,25 %	3,56 %

Na tabela 1.16 pode-se observar como é distribuído o orçamento de manutenção.

Tabela 1.16 – Composição dos custos de manutenção

Ano	1995	1997	1999
Gastos com pessoal	35,46 %	38,13 %	36,07 %
Gastos com materiais	33,92 %	31,10 %	31,44 %
Gastos com serviços de terceiros	21,57 %	20,28 %	23,68 %
Outros gastos	9,05 %	10,49 %	8,81 %

Observa-se que é significativo o percentual do orçamento gasto com serviços de terceiros. Esta é uma prática generalizada, que objetiva tornar a organização mais enxuta e focada no seu real negócio. A tabela 1.17 mostra de forma mais detalhada de que maneira estes serviços são contratados pelas empresas.

Tabela 1.17 - Contratação de serviços de terceiros

Ano	1995	1997	1999
Por Administração	17,65 %	15,89 %	21,77 %
Por Planilha de Custos Unitários	27,81 %	25,23 %	20,97 %
Terceirização	13,90 %	11,21 %	9,68 %
Por Preço Global	40,64 %	47,67 %	47,58 %

Nos trabalhos realizados na modalidade “contrato por administração”, o prestador de serviços fornece apenas mão-de-obra, a qual será comandada pela empresa contratante. O pagamento é por homem-hora trabalhado. Esta forma de contratação oferece risco no que se refere a geração de demandas de reconhecimento de vínculo empregatício na Justiça do Trabalho.

A modalidade “contratação por planilha de custos unitários” é aquela em que o serviço é pago de acordo com uma medição objetiva do trabalho executado, como por exemplo: metros quadrados de pintura, unidades de peças recuperadas, etc.

A modalidade “Terceirização” deve ser entendida, neste contexto, como a transferência completa de todas as atividades de manutenção para uma empresa contratada. É uma estratégia empregada ainda por poucas empresas, principalmente pelo receio da perda do domínio tecnológico dos processos da empresa e da conseqüente dependência.

A modalidade mais empregada é a “contratação por preço global” ou “contratação por serviço fechado” onde, uma vez realizada a negociação dos aspectos técnicos e comerciais, todo o ônus e a responsabilidade pela execução da tarefa são do prestador de serviços. Naturalmente que um representante da empresa contratante deve fiscalizar o andamento do trabalho.

Tabela 1.18 - Informática na manutenção

Ano	1995	1997	1999
Utilização de <i>softwares</i> próprios (desenvolvidos internamente pela empresa)	46,89 %	25,19 %	23,85 %
Utilização de <i>softwares</i> externos adaptados	12,43 %	20,74 %	13,85 %
Utilização de <i>softwares</i> prontos (pacotes dedicados comprados no mercado)	16,95 %	11,95 %	26,15 %
Utilização de <i>softwares</i> próprios e prontos	23,73 %	28,15 %	24,62 %
Somente Planilhas Eletrônicas	-----	8,15 %	8,45 %
Não utilizam nenhum <i>software</i>	-----	5,92 %	3,08 %

A grande quantidade de dados a serem armazenados e trabalhados torna obrigatório o uso de recursos de informática para geração das informações úteis e necessárias para o gerenciamento profissional do setor de manutenção.

Os “Sistemas de Gerenciamento da Manutenção” são *softwares* dedicados que possuem recursos para planejamento e controle das atividades, registro das informações dos equipamentos, administração da mão-de-obra, gerenciamento da Manutenção Preventiva, etc. Substituem todos os documentos anteriormente usados e permitem a geração de inúmeros relatórios, beneficiando-se das facilidades dos modernos bancos de dados. Podem ser interfaceados com sistemas corporativos, sistemas de compras ou sistemas de controle de estoques. Nos pacotes mais avançados, todo tipo de informação digitalizada pode ser agregada, servindo para documentação ou treinamento, incluindo fotografias, vídeos e desenhos. Muitos também possuem capacidade de enviar dados para *paggers*, contendo por exemplo a descrição de uma tarefa para ser realizada pelo profissional de manutenção que se encontra distante em algum ponto da empresa.

Tabela 1.19 - Atividades incorporadas pela organização da manutenção

Ano	1995	1997	1999
Compras de Materiais de Manutenção	61,93 %	80,80 %	59,77 %
Higiene e Segurança do Trabalho	52,52 %	67,74 %	49,59 %
Almoxarifado de Peças Sobressalentes	63,46 %	79,86 %	59,02 %

A tabela 1.19 mostra alguns setores da empresa que possuem uma relação bastante estreita com o setor de manutenção, em função das atividades que desempenham. Por este motivo, em muitas das empresas pesquisadas, eles ficam subordinados hierarquicamente ao titular do setor de manutenção, ampliando o escopo das suas responsabilidades. A sinergia desta associação é benéfica para a organização.

Os dados apresentados mostram um panorama amplo da manutenção e este conhecimento deverá tornar mais fácil a compreensão das discussões que se seguirão neste texto.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Principal

O objetivo principal deste trabalho é apresentar e discutir a implantação de um sistema de gestão da manutenção em uma indústria do ramo alimentício, que prioriza a maximização da disponibilidade dos equipamentos de produção, enquanto controla custos.

1.3.2 Objetivos Secundários

Como objetivos secundários, podem ser citados:

- a) Revisar os conceitos de Engenharia de Confiabilidade aplicados à Manutenção.
- b) Discutir o emprego de *softwares* especialistas no apoio a uma gestão eficiente do setor de manutenção.
- c) Discutir a importância da Manutenção Preventiva.
- d) Levantar elementos que devem estar presentes em um modelo de gestão da manutenção apropriado para empresas industriais.

1.4 Método

O trabalho de pesquisa iniciou pela execução de um diagnóstico dos principais problemas que afetavam o desempenho do setor de manutenção da Effem do Brasil Inc. e Cia.. A empresa é uma multinacional do ramo alimentício que pertence ao grupo norte-americano Mars. O diagnóstico foi realizado pela observação *in loco*, acompanhando as atividades diárias, e através das informações fornecidas pela equipe de manutenção e pelos clientes internos.

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica empregando-se a literatura disponível sobre o tema.

As técnicas estudadas nesta bibliografia e outras aprendidas através de *benchmarking* de outras empresas foram implantadas gradativamente, ao longo de três anos, em uma unidade fabril bastante complexa da Effem do Brasil, situada na grande Porto Alegre. As mudanças realizadas objetivaram resolver os problemas diagnosticados e também melhorar a performance do setor de manutenção.

No Brasil, algumas empresas de grande porte com fábricas localizadas na região metropolitana de Porto Alegre, consideradas bons modelos de qualidade e organização, foram visitadas: RIOCEL, Grupo Gerdau e DHB. Foi feita uma entrevista aberta com os profissionais ligados à manutenção nestas empresas, que apresentaram como esta área é estruturada e gerida.

No exterior, a pesquisa foi realizada somente em unidades do grupo Mars. Foram visitadas fábricas na Argentina, México, Estados Unidos e Canadá. Através de contatos telefônicos, vídeo-conferência, correio eletrônico e contatos pessoais com visitantes, foram obtidas informações sobre unidades da Europa e da Austrália.

Foi também empregada a experiência adquirida nas atividades profissionais na Companhia de Cigarros Souza Cruz, Pirelli (Divisão de Pneus) e Andreas Stihl Motoserras.

Posteriormente, o mesmo sistema de gestão da manutenção foi adaptado e implantado em uma nova unidade industrial do grupo, na cidade de Mogi Mirim, no estado de São Paulo.

A principal área de negócios da empresa, que é a fábrica de alimentos secos balanceados para animais de estimação (*Dry Pet Food*), teve a sua performance avaliada ao longo da pesquisa e foram levantados resultados quantitativos e qualitativos que embasam as conclusões finais.

O autor deste trabalho de pesquisa participou ativamente de todas as etapas do processo, desde o diagnóstico dos problemas do setor até a implantação das soluções, pois era o responsável pela manutenção da empresa a partir de maio de 1995.

1.5 Limitações do Trabalho

O trabalho foi desenvolvido com foco exclusivo na indústria, não sendo discutida a gestão da manutenção em empresas dos setores primário e terciário.

O sistema de gestão da manutenção foi implantado e foi testado com sucesso na unidade fabril da Effem do Brasil no Rio Grande do Sul. Este mesmo sistema de gestão, em suas linhas gerais, foi utilizado também na nova fábrica do grupo em Mogi Mirim, mas como o gerenciamento daquela planta é de outra alçada, não foi possível acompanhar o desenvolvimento do trabalho após a sua implantação.

O sistema proposto não pretende ser a melhor solução possível para organização do setor de manutenção em qualquer tipo de indústria. Este trabalho pretende apresentar e discutir um conjunto de técnicas e de boas práticas para gestão da manutenção, as quais se relacionam e se completam, formando um conjunto que comprovadamente traz bons resultados e retorno para o negócio.

Acredita-se, no entanto, que o sistema seja robusto na sua essência e possua uma ampla aplicabilidade se forem empregados os conceitos gerais e feitas as devidas adaptações à realidade de cada setor industrial. As técnicas e as práticas que compõe o sistema têm sido aplicadas de forma bem sucedida em diversas empresas.

Este trabalho não pretende apresentar um modelo teórico genérico para gestão da manutenção e por isto optou-se pelo emprego da terminologia “sistema de gestão” para caracterizar o conjunto de técnicas implantadas que se complementam.

O sistema de gestão da manutenção de que trata este trabalho poderia ser definido como uma abordagem tradicional. Não se procurou, até o momento, realizar uma implantação da Manutenção Produtiva Total na empresa. A *TPM* é absolutamente compatível com tudo o que foi desenvolvido e eventualmente poderia trazer benefícios extras, na medida em que ampliaria a participação e o comprometimento do setor de produção com a conservação dos equipamentos e instalações. No entanto, a sua adoção requer um nível de escolaridade e conhecimento técnico das equipes de operação que ainda não foi atingido. A empresa está oferecendo cursos supletivos de primeiro e segundo grau dentro das suas dependências, além de cursos básicos de mecânica e eletricidade para os seus funcionários. Isto permitirá que no futuro a *TPM* possa ser implantada de forma integral na empresa.

Este trabalho discute a administração e a organização de um setor de manutenção, não pretendendo aprofundar a discussão de técnicas específicas de manutenção de equipamentos.

1.6 Estrutura do Trabalho

O primeiro capítulo é introdutório, trata da relevância do tema escolhido e traz um conjunto amplo de dados estatísticos a respeito da situação da manutenção no Brasil, em seus vários aspectos. Apresenta os objetivos desta pesquisa, o método empregado, as limitações do estudo realizado, definindo as suas restrições e os seus contornos e, por fim, expõe didaticamente a estrutura deste trabalho.

O segundo capítulo faz uma revisão da bibliografia, estabelecendo uma base teórica a respeito do tema, apresentando conceitos relacionados com manutenção.

O terceiro capítulo prossegue realizando a revisão bibliográfica, estudando Engenharia de Confiabilidade, que é uma disciplina importante para a compreensão da teoria envolvida na análise de falhas. Este ferramental auxilia na previsão de problemas de funcionamento em máquinas e equipamentos, na definição de intervalos ótimos para execução de procedimentos preventivos e ajuda a identificar as partes componentes mais críticas (pontos fracos), que devem ser trabalhadas para aumentar a confiabilidade.

O quarto capítulo descreve a empresa onde foi realizada a pesquisa e o cenário da manutenção existente no início do trabalho. É feito um diagnóstico dos principais problemas do setor de manutenção.

O quinto capítulo descreve a experiência de desenvolvimento e implantação do sistema de gestão da manutenção na empresa. Mostra, ainda, os resultados de melhorias alcançados, tanto os quantitativos como os qualitativos. Finalmente, são apresentados alguns elementos, os quais foram identificados como de fundamental importância ao longo do desenvolvimento do trabalho de pesquisa, que poderiam ser considerados para a elaboração de um modelo mais amplo de gestão da manutenção.

O sexto capítulo apresenta as conclusões finais desta pesquisa, bem como idéias e sugestões de trabalhos, que poderiam ser realizados e que complementariam este estudo.

CAPÍTULO 2 - CONCEITOS GERAIS

2.1 Comentários iniciais

As partes componentes das máquinas, equipamentos e instalações, bem como os prédios e as benfeitorias, desgastam-se ao longo do tempo. São diversos os agentes agressivos que atuam em conjunto, sendo que é possível destacar como os mais corriqueiros:

- a) o atrito entre peças móveis em operação;
- b) os esforços realizados pelos componentes em funcionamento normal;
- c) os esforços estáticos e dinâmicos suportados pelas estruturas;
- d) o calor;
- e) o frio;
- f) a umidade;
- g) a pressão;
- h) a vibração;
- i) a sujeira acumulada;
- j) a corrosão pelo ataque químico dos elementos existentes no ambiente;
- k) a oxidação (ferrugem);
- l) a abrasão;
- m) as intempéries que agem sobre os materiais expostos ao tempo.

Eventualmente pode haver problemas durante os processos de fabricação, ocasionando a produção de componentes fora de especificação e mais frágeis. Se a variação não for detectada através de um controle de qualidade, então estes componentes irão ser montados em equipamentos, os quais provavelmente irão apresentar problemas prematuros, quando colocados em operação normal.

Projetos falhos também poderão gerar trabalhos de manutenção no futuro.

Além destes fatores, é comum haver sobrecargas dos equipamentos em operação, em função de mau uso ou mesmo por necessidade de atendimento a demandas superiores às previstas anteriormente.

Desta forma, é preciso que ações sejam tomadas no sentido de conservar ou restabelecer características construtivas e regulagens, garantindo um nível de desempenho esperado. A periodicidade destas ações é função da vida útil do equipamento dentro do regime de trabalho a que está submetido e das condições ambientais. Elas podem ocorrer quando ainda não há nenhuma manifestação de sintomas de problemas ou tão logo um defeito é detectado ou ainda quando ocorre uma falha.

2.2 Defeito, Falha e Pane

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), na NBR 5462 “Confiabilidade e manutenibilidade” (1994, pág.3), defeito é:

“Qualquer desvio de uma característica de um item em relação aos seus requisitos.”

Os defeitos são ocorrências nos equipamentos que não impedem seu funcionamento instantaneamente, todavia podem, a curto ou longo prazo, pelo agravamento do problema, acarretar sua indisponibilidade. Na condição de defeito, pode haver algum prejuízo mínimo ao desempenho do equipamento, porém em níveis considerados aceitáveis.

Conforme a NBR 5462 (1994, pág.3), falha é:

“Término da capacidade de um item desempenhar a função requerida.”

As falhas são ocorrências nos equipamentos que impedem seu funcionamento ou acarretam perdas graves de desempenho ou ainda prejuízos à qualidade do produto final ou do serviço prestado.

A NBR 5462 (1994, pág.4) define pane como:

“Estado de um item caracterizado pela incapacidade de desempenhar uma função requerida, excluindo a incapacidade durante manutenção preventiva ou outras ações planejadas, ou pela falta de recursos externos. ... A falha é um evento diferente de pane que é um estado.”

Quando ocorre uma falha completa em um equipamento, cessando o seu funcionamento, em consequência, ele entra no estado de pane.

2.3 Definição de Manutenção

A manutenção é definida por Kelly & Harris (1980, pág.4) como:

“... uma combinação de ações conduzidas para substituir, reparar, revisar ou modificar componentes de uma fábrica de modo que esta opere dentro de uma disponibilidade especificada, em um intervalo de tempo também especificado.”

A NBR 5462 (1994, pág.6) apresenta a seguinte definição de manutenção:

“Combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida.”

A Associação Francesa de Normalização (AFNOR) na NF X60-010 (1985) apud Monchy (1989) define manutenção desta forma:

“... conjunto de ações que permitam manter ou restabelecer um bem dentro de um estado específico ou na medida para assegurar um serviço determinado.”

As definições anteriores não explicitam o aspecto econômico da gestão eficiente da manutenção. Na NF X60-000 (1985) apud Monchy (1989) esta lacuna é preenchida quando se afirma:

“... boa manutenção é assegurar estas operações a um custo otimizado.”

2.4 Os tipos de manutenção

Diversos autores e grupos de estudo na área apresentam as suas classificações próprias, dividindo a manutenção nos diversos tipos existentes.

A ABNT, na NBR 5462 (1994, pág.7), classifica os diversos tipos de manutenção da seguinte forma:

- a) Manutenção Preventiva - é efetuada em intervalos pré-determinados ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item.
- b) Manutenção Corretiva - é efetuada após a ocorrência de uma pane, destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida.
- c) Manutenção Controlada ou Preditiva - é a manutenção que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão central ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva.
- d) Manutenção Programada - é a manutenção preventiva efetuada de acordo com um programa preestabelecido.
- e) Manutenção Não-programada - é feita de acordo com um programa preestabelecido, mas depois da recepção de uma informação relacionada ao estado de um item.
- f) Manutenção no Campo - é efetuada no local onde o item é utilizado.
- g) Manutenção fora do Local de Utilização - é efetuada em um local diferente daquele em que o item é utilizado.

- h) Manutenção Remota - é efetuada sem acesso direto do pessoal ao item.
- i) Manutenção Automática - é efetuada sem intervenção humana.
- j) Manutenção Deferida - é a manutenção corretiva que não é iniciada imediatamente após a detecção da pane, mas é retardada de acordo com certas regras de manutenção.

Segundo as normas AFNOR NF X60-010 e NF X60-011 (1985) apud Monchy (1989), os diversos tipos de manutenção podem ser assim classificados:

- a) Manutenção Corretiva - é a manutenção efetuada após a falha.
- b) Manutenção Preventiva - é a manutenção efetuada com a intenção de reduzir a probabilidade de falha de um bem ou de um serviço executado. Divide-se em dois tipos :
 - b.1) Manutenção Preventiva Sistemática - é a manutenção efetuada segundo um esquema de cobranças estabelecido, tendo como base o tempo ou o número de unidades de uso.
 - b.2) Manutenção Preventiva de Condição – é a manutenção subordinada a um tipo de acontecimento predeterminado (medida, diagnóstico).

Monchy (1989), complementando as definições das normas da AFNOR, divide, ainda, a Manutenção Corretiva em duas modalidades que são:

- a) Manutenção Corretiva Curativa - é realizada para reparo definitivo de equipamentos que apresentam uma alteração no seu funcionamento. O equipamento é restituído a sua condição original de trabalho.

- b) Manutenção Corretiva Paliativa - é realizada para retirada de um equipamento do estado de pane, recolocando-o provisoriamente novamente em operação, antes do reparo definitivo.

Mirshawka (1993, pág.7) apresenta na sua obra uma classificação semelhante a da norma francesa, mas a amplia, incluindo o conceito da Manutenção de Melhoramento:¹

“ ... conjunto de ações corretivas para a melhoria dos equipamentos, que passam a não precisar de tanta manutenção, em vista do aumento da sua confiabilidade, desempenho e até por incluir melhor manutenibilidade.”

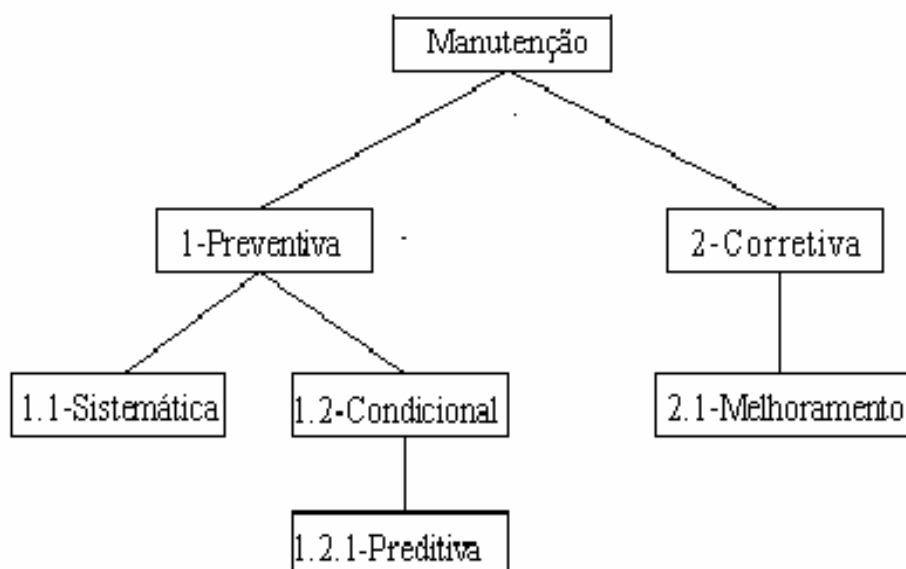


Figura 2.1 – As ramificações da manutenção conforme Mirshawka (1993, pág.13).

Em trabalho divulgado pela Organização das Nações Unidas (1975, pág.3), são apresentados critérios de divisão da manutenção, enfatizando o planejamento da ação sobre o equipamento. A figura 2.2 ilustra esta forma de classificação.

¹ O autor deste trabalho, divergindo de Mirshawka, considera que a Manutenção de Melhoramento faz parte do escopo das atividades de manutenção, mas se constitui numa categoria separada. Não é um tipo de Manutenção Corretiva, visto que não acontece necessariamente após a ocorrência de uma falha.



Figura 2.2 - Os tipos de manutenção adaptado de ONU (1975, pág.3).

Segundo o entendimento do grupo de estudos da ONU, a Manutenção Preventiva é necessariamente planejada, uma vez que objetiva antecipar-se aos problemas. A Manutenção Corretiva é dita não-planejada, quando ocorre uma falha inesperada, situação caracterizada como de emergência. A Manutenção Corretiva pode também ser considerada planejada, quando é decidido operar o equipamento, que sabidamente já apresenta defeito, até a ocorrência de uma falha completa.

Foi feita uma análise das definições que foram anteriormente apresentadas pelos diversos autores e comissões de estudo e procurou-se chegar a uma síntese, a qual se acredita ser de uma utilidade bastante prática para orientação no momento da classificação dos trabalhos de manutenção realizados pela equipe num dado período. Uma vez classificados todos os trabalhos, é possível determinar indicadores (índices de controle) para auxiliar no gerenciamento do setor. É importante para o gerente de manutenção saber periodicamente qual o percentual dos recursos sob sua responsabilidade que foram empregados em manutenções corretivas, em manutenções preventivas (sistemáticas, condicionais, preditivas) e em trabalhos de melhorias. Estes indicadores auxiliam a avaliar a eficácia das políticas que vem sendo adotadas e a montar as estratégias futuras.

A sugestão de classificação adotada como base conceitual na parte prática deste trabalho é apresentada a seguir:

- a) Manutenção Corretiva - é aquela que acontece após uma falha, ou seja, em uma das seguintes situações: o equipamento entrou no estado de pane ou ele está operando, porém com uma performance inaceitável, seja pelo volume de produção ou pela qualidade gerada. A Manutenção Corretiva é dita não planejada quando a falha for inesperada e é dita planejada quando, por uma análise de custo benefício, decide-se pela operação do equipamento até a ocorrência da falha. Esta decisão é justificada quando os recursos de Manutenção Preventiva são limitados, quando a Manutenção Preventiva não reduz a possibilidade de falha ou quando ela tem um custo maior que o custo do reparo da falha.
- b) Manutenção Preventiva Sistemática ou Manutenção Preventiva Baseada em Tempo – caracteriza-se pela realização da substituição de um item ou a recuperação de um componente em períodos prefixados ou de acordo com o uso. Este tipo de Manutenção Preventiva é especificada quando se conhece bem o modo de falha em função do uso ou quando o equipamento é crítico e raramente pode ser parado. Como exemplos de sua aplicação podem ser citados: a troca do óleo do motor de um automóvel a cada 5000 km rodados, a revisão de um compressor de um sistema de refrigeração a cada 8000 horas de operação, a revisão anual de uma caldeira de geração de vapor.
- c) Manutenção Preventiva Condicional ou Manutenção Preventiva Baseada em Estado - caracteriza-se pela mensuração e pela avaliação periódicas do desempenho ou da condição de operação do componente (continuamente ou em intervalos regulares). Quando um valor limite é atingido, a intervenção é feita antes da ocorrência da falha completa. Desta forma, existem dois momentos distintos a considerar : um de inspeção e coleta de dados e outro da intervenção de manutenção propriamente dita, quando esta se fizer necessária. Usualmente são controlados nos equipamentos: nível de geração de ruído, presença de ruídos anormais, nível de vibração, temperatura, grau de contaminação dos óleos lubrificantes, características de óleos isolantes de transformadores, espessura de parede de vasos sob pressão, ...

- c.1) Manutenção Preditiva - é uma forma de Manutenção Preventiva Condicional, conforme foi exposto, sendo que esta denominação é mais aplicada à situação em que o funcionamento do equipamento é monitorado com o emprego de instrumentos de medição sofisticados, principalmente quando se tratam de máquinas girantes e, finalmente, quando é realizado um controle fino da condição do equipamento, permitindo a sua operação até próximo ao momento “previsto” para a ocorrência da falha.
- d) Manutenção de Melhoramento – ocorre pelo emprego dos recursos do setor de manutenção para execução de trabalhos de melhorias nos diversos setores da empresa. Estas atividades maximizam a utilização da estrutura existente (pessoas, materiais, oficinas e máquinas), aproveitando as ociosidades eventuais, e atendem de forma mais ágil demandas de pequeno e médio porte que visam aumentar a segurança, melhorar a ergonomia do posto de trabalho, tornar bens, equipamentos e instalações mais produtivos e funcionais, aumentar a confiabilidade dos equipamentos ou sistemas. Quando o custo é elevado e a complexidade de projeto é alta, então as tarefas fogem do escopo do setor de manutenção e são executadas pelo setor de projetos de engenharia.

2.5 Manutenção Centrada em Confiabilidade

A Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) ou no inglês *Reliability Centered Maintenance (RCM)* surgiu no final da década de 60 para melhorar a segurança da Manutenção Preventiva executada na aviação, com a introdução dos jatos comerciais de grande porte.

No início dos anos 70, a marinha americana adotou a técnica para aviões e navios, seguida pelo exército e pela força aérea americana.

Costuma-se considerar que foi nas centrais térmicas e nucleares dos Estados Unidos que realmente se desenvolveram as técnicas de Manutenção Centrada em Confiabilidade, na segunda metade da década de 70. Nesta ocasião, este setor tinha o desafio de maximizar sua produção de energia elétrica, sem contudo aumentar sua capacidade instalada.

Houve um grande esforço na busca de programas de aumento de produtividade. Estes programas de produtividade levaram a um conseqüente incremento das atividades de treinamento de operadores. Também foram implantados programas de qualidade, os quais tinham como um dos enfoques mais importantes o aumento da disponibilidade das plantas, através do aumento do nível de confiabilidade das instalações. Pretendia-se aumentar a produção pela redução das perdas por falhas dos equipamentos e pela diminuição do tempo em que os mesmos ficavam parados para reparos e intervenções de Manutenção Preventiva.

Os primeiros trabalhos analíticos realizados pelo *Electric Power Research Institute* (*EPRI* – Instituto de Pesquisa em Energia Elétrica dos Estados Unidos) indicavam um retorno econômico potencial bastante significativo da utilização do processo de seleção de tarefas de manutenção fundamentado na Manutenção Centrada em Confiabilidade nas centrais térmicas e nucleares americanas, nos moldes dos programas que já vinham sendo conduzidos pela indústria aeronáutica civil e militar. Este retorno se materializaria em termos da redução global dos custos da atividade de Manutenção Preventiva, da redução da freqüência das ações de manutenção corretiva e pela consecução de um alto nível de disponibilidade dos sistemas e da instalação como um todo. Em junho de 1983, a gerência do *EPRI* recomendou que a Manutenção Centrada em Confiabilidade fosse avaliada de forma piloto em sistemas de usinas nucleares de energia.

A Manutenção Centrada em Confiabilidade é uma técnica utilizada nas disciplinas de confiabilidade, segurança e manutenção para desenvolver planos otimizados de manutenção que definam atividades que devem ser realizadas para se obter, restaurar ou manter a capacidade operacional do equipamento ou sistema. A sua implementação requer a aplicação de um processo de decisão lógica que permite a análise sistemática do modo de

falha, da confiabilidade e dos dados de criticidade, permitindo a determinação das ações mais efetivas de manutenção para os itens importantes.

A essência desta técnica pode ser apresentada de uma forma bem simples pela focalização nos 4 elementos que a distinguem da prática tradicional:

1. O seu objetivo fundamental é preservar a função do sistema, ao contrário da abordagem tradicional que é preservar a operação do equipamento isolado.
2. Uma vez que se deseja preservar a função do sistema, deve-se identificar os modos de falha dominantes. Os modos de falhas dominantes são aqueles que apresentam uma frequência de falhas alta ou os que não podem ocorrer porque colocam em risco as pessoas e o patrimônio. Para a determinação dos modos de falha dominantes são utilizados os dados históricos de manutenção dos equipamentos, além de outras ferramentas como a *Failure Tree Analysis (FTA - Análise por Árvore de Falhas)* e *Failure Modes and Effects Analysis (FMEA - Análise dos Efeitos e Modos de Falha)*. A *FMEA* é utilizada para equipamentos críticos, sendo uma técnica para levantar e examinar de forma sistemática os modos de falha potenciais, determinando o seu efeito sobre o sistema.
3. Os recursos, geralmente limitados, devem ser orientados para preservar as funções mais críticas. É feita a análise dos modos de falhas dominantes, através da aplicação de uma árvore de decisões, para verificar as consequências de cada modo de falha e como é possível evitá-los.
4. Devem ser selecionadas apenas atividades de Manutenção Preventiva que efetivamente reduzam a possibilidade de falha ou de perda da função do sistema, e que minimizem os custos. Um risco potencial de segurança é a única situação onde as considerações de custo são ignoradas.

A Manutenção Centrada em Confiabilidade atribui às falhas ocultas maior prioridade que para outros tipos de falhas, de acordo com Moubray (1988) apud Santos (1996). Dispositivos de proteção (válvulas de segurança, relés de proteção, etc.), em virtude de não operarem continuamente, podem estar em pane e não serem detectados nesta condição. Se não é possível encontrar tarefas preventivas aplicáveis e efetivas para falhas ocultas, então é preciso executar testes periódicos nestes dispositivos para saber se a função oculta ainda está operacional. As conseqüências de uma falha em um dispositivo de proteção são normalmente sérias, provavelmente levando a danos materiais e, em muitos casos, a acidentes com as pessoas.

Dentro desta filosofia, é obrigatória a realização de Manutenção Preventiva quando há riscos para a segurança. Se não houver um tipo de Manutenção Preventiva que reduza o nível de falha para uma condição aceitável, o item precisa ser reprojetoado.

A implantação da Manutenção Centrada em Confiabilidade é melhor conduzida por uma equipe multi-disciplinar, liderada por um facilitador independente.

2.6 Manutenção Produtiva Total

Manutenção Produtiva Total (MPT) ou no inglês *Total Productive Maintenance (TPM)* pode ser definida como uma estratégia sistêmica e integrada de gestão da manutenção de uma empresa com as seguintes características:

- a) buscar a maximização do rendimento operacional global dos equipamentos;
- b) empregar simultaneamente a prevenção da manutenção (incorporação ao projeto da não necessidade de manutenção), a manutenção com introdução de melhorias, a manutenção espontânea e autônoma realizada pelos operadores da produção e a Manutenção Preventiva, proporcionando um incremento na produtividade operacional;

- c) realizar um trabalho em conjunto e de comprometimento entre o setor de produção, setor de planejamento e controle da produção e o setor de manutenção, co-responsáveis pela determinação do momento mais adequado para fazer uma intervenção de manutenção;
- d) buscar o envolvimento e a participação de todos os níveis da empresa, desde a alta administração até as equipes de chão de fábrica;
- e) empregar o sistema de manutenção espontânea e autônoma, ou seja, não ser necessária uma ordem para a realização da manutenção, bem como incentivar nos operadores a vigência do estado de espírito “da minha máquina cuido eu”;
- f) realizar uma divisão de tarefas de conservação dos equipamentos entre a equipe de produção e a equipe de manutenção;
- g) incentivar a colaboração das atividades voluntárias de pequenos grupos, através de um programa de sugestões.

Um dos principais objetivos da Manutenção Produtiva Total é a melhoria da estrutura orgânica da empresa através do desenvolvimento das pessoas e da melhoria dos equipamentos. Investe-se no treinamento das pessoas de maneira a capacitá-las para conduzir as novas fábricas amplamente automatizadas.

Os treinamentos estão orientados basicamente para os seguintes focos:

- a) capacitar os operadores para, de forma espontânea e autônoma, cuidarem da conservação das suas máquinas;
- b) capacitar os operadores e a equipe de manutenção para executarem atividades de manutenção em equipamentos baseados na mecatrônica (mecânica + eletrônica);

- c) capacitar os engenheiros para projetarem e desenvolverem equipamentos que não exijam intervenções de manutenção.

Depois do desenvolvimento das pessoas, o próximo passo é a melhoria dos equipamentos existentes, introduzindo modificações que aumentem a sua performance e a sua confiabilidade. Equipamentos novos podem ser adquiridos, seguindo o plano de renovação tecnológica da empresa, dentro do conceito de necessitar pouca manutenção.

Segundo Nakajima et alli (1996) são 7 as grandes perdas que podem impedir a eficiência do equipamento, ou seja, que prejudicam o rendimento operacional global e que portanto devem ser eliminadas:²

1. perda por quebra de equipamento, podendo ser uma quebra repentina ou uma quebra precedida de uma degeneração gradativa do desempenho do equipamento;
2. perda devido a *set-up* (paradas para troca de ferramentas e dispositivos das máquinas e para as necessárias regulagens) para começar a fabricação de outro produto na linha;
3. perda para substituição de ferramentas e peças das máquinas que se desgastam normalmente ao longo da produção (lâminas de corte, pedras ou martelos empregados na moagem de grãos, ferramentas de usinagem, etc.) e passam a gerar produtos fora de especificação;
4. perda até o equipamento entrar em regime de produção normal, ocasionada pela instabilidade da própria operação, pelo emprego de ferramentas inadequadas, problemas pela falta de completo domínio técnico por parte do operador para acertar a sua máquina ou outros;

² Na obra “*Total Productive Maintenance – New Implementation Program in Fabrication and Assembly Industries*”, revisão datada de Novembro de 1996, editada pela JUSE em Tóquio, Nakajima et alli ampliam para 7 as antigas clássicas 6 grandes perdas. São apresentadas também outras perdas não ligadas às máquinas.

5. perda por parada temporária, sem que haja a ocorrência de falha (quebra), tratando-se de interrupção momentânea de curta duração (3 a 5 minutos) devido a um problema qualquer de fácil solução;
6. perda por redução da velocidade de produção, decorrente de fatores como por exemplo : problemas relativos à qualidade do produto final, instabilidades no processo, problemas mecânicos, problemas de variação das especificações das matérias-primas, etc.;
7. perda do tempo destinado ao retrabalho ou eliminação de produtos defeituosos.

Segundo Nakajima et alli (1996), o conjunto destas perdas, em geral, é bastante significativo, muito superior ao que se imagina pelo senso comum.

A quebra do equipamento é o fator que mais prejudica o rendimento operacional. Conforme Nakajima (1988) apud Santos (1996, pág.8):

“ ... as máquinas foram concebidas para trabalhar com defeito zero .”

As quebras são resultantes do manuseio imposto pelo próprio homem e acontecem quando as causas geradoras das falhas não são percebidas a tempo. Estas falhas são denominadas falhas inconscientes ou ocultas. É importante externá-las para possibilitar que sejam tomadas as medidas preventivas.

As falhas inconscientes podem ser classificadas em dois tipos:

- a) As falhas inconscientes físicas são falhas não visíveis e que passam despercebidas, tais como: falhas internas detectadas somente abrindo-se o equipamento ou quando submetido a diagnóstico específico, falhas em locais de difícil acesso e de difícil visualização e, ainda, falhas invisíveis devido a detritos e sujeira.

- b) As falhas inconscientes psicológicas são falhas devido a falta de capacitação ou de conscientização, tanto da equipe de produção quanto da equipe de manutenção, que não acompanham adequadamente o funcionamento do equipamento ao longo do tempo ou executam operações erradas.

Desta forma, para obtenção da quebra zero, é preciso adotar 5 procedimentos :

1. Estruturar as condições básicas para a operação, promovendo e conservando a limpeza da área, executando corretamente a lubrificação dos equipamentos e mantendo o ambiente em ordem.
2. Obedecer as condições de uso previstas no projeto original, operando os equipamentos dentro dos limites definidos.
3. Inspecionar e monitorar permanentemente de forma criteriosa os equipamentos.
4. Levantar e sanear os pontos falhos do projeto das máquinas. A maioria destes pontos são decorrentes da falta de capacitação técnica na fase de projeto ou na fase de fabricação do equipamento.
5. Incrementar a capacitação técnica, treinando tanto os operadores da produção como os elementos da manutenção na conservação dos equipamentos.

A realização da manutenção espontânea pelos próprios operadores é uma das principais características da Manutenção Produtiva Total. Os operadores são responsáveis pelos equipamentos com os quais trabalham diariamente, portanto eles podem atuar como sensores, prevendo a grande maioria das falhas antes que elas ocorram, e podem também agir para evitá-las nas situações mais simples.

A implantação da manutenção espontânea deve seguir as seguintes etapas:

1. incentivar a limpeza dos equipamentos pelos operadores para que estes descubram os pontos de falhas potenciais;
2. introduzir melhorias nos equipamentos para facilitar a limpeza e a lubrificação nos pontos de difícil acesso;
3. elaborar procedimentos de limpeza e lubrificação;
4. promover treinamento e educação para a execução das inspeções e capacitação para realização de regulagens e pequenos reparos;
5. elaborar um programa de inspeções espontâneas e promover a sua execução;
6. efetivar a padronização dos diversos parâmetros necessários para a gestão eficiente do setor ou do posto de trabalho, tais como : definição do fluxo de material, apontamentos de produção e outros registros de dados, etc.
7. promover a melhoria dos equipamentos, baseado na análise dos dados de falhas.

Havendo uma implantação sólida de Manutenção Produtiva Total em uma empresa, o trabalho do setor de manutenção fica bastante reduzido e facilitado, colocando seu foco nas atividades programadas, nas reformas de equipamentos, nos consertos que exijam conhecimento técnico mais aprofundado e na Manutenção Preventiva. A equipe de manutenção deverá ser mais enxuta e altamente especializada.

A Manutenção Produtiva Total cria uma sinergia extremamente positiva entre os setores de produção e manutenção.

2.7 Organização da Manutenção

Conforme Tavares (1996), o setor de manutenção modernamente encontra-se dividido funcionalmente em Engenharia de Manutenção e Execução da Manutenção. A equipe de Engenharia de Manutenção concentra as atividades de planejamento e controle da manutenção, estudos especiais e gerenciamento da Manutenção Preventiva. A equipe de Execução da Manutenção realiza os trabalhos de manutenção propriamente ditos (reparos, ajuste, regulagens, reformas de máquinas, etc.), seguindo uma programação previamente estabelecida ou atendendo a emergências, garantindo a normalidade da operação.

Os profissionais encarregados do Planejamento e Controle da Manutenção, analogamente ao que faz o Planejamento e Controle da Produção, têm por objetivo fazer a programação dos trabalhos do setor de manutenção de forma a atender as demandas dos diversos setores da empresa (clientes internos) com qualidade, dentro do prazo acordado e minimizando custos. Devem ainda acompanhar as atividades desenvolvidas, medindo a performance do setor, através de indicadores adequados.

Os estudos especiais envolvem normalmente análises de falhas e de confiabilidade de equipamentos e instalações, análises econômicas de substituição de equipamentos, testes de novos materiais e produtos usados nas manutenções e projetos de melhorias.

O gerenciamento do Plano de Manutenção Preventiva é um trabalho extremamente técnico. O plano deve abranger os equipamentos mais importantes para a empresa e aqueles que precisam ser acompanhados por questões de segurança.

Há equipamentos e instalações para os quais é mais indicada a adoção da Manutenção Preventiva Sistemática e neste caso periodicamente é programada uma parada para revisão, substituição de componentes, lubrificação e regulagens. Esta estratégia se justifica especialmente nos casos onde o custo da substituição dos componentes é pequeno quando comparado com o prejuízo gerado no caso de uma quebra.

A Manutenção Preventiva Condicional ou a Manutenção Preditiva são abordagens mais econômicas e idealmente deveriam ser empregadas para a maioria dos equipamentos cobertos pelo plano. O responsável pela programação define os equipamentos que devem ser inspecionados a cada dia e elabora os roteiros com os procedimentos a serem adotados. O roteiro indicará o que deve ser observado, testado e medido, com o equipamento parado ou em funcionamento. Os dados do relatório de inspeção são analisados e confrontados com níveis de alarme para determinação do momento em que é necessário intervir. Por exemplo, podem ser realizadas medidas de vibração e temperatura em um determinado componente em operação e os resultados comparados com valores limites.

Existem empresas que possuem uma equipe dedicada exclusivamente para a execução do plano de Manutenção Preventiva, enquanto outras optam por executá-lo com a mesma equipe que atende as solicitações normais do dia a dia da empresa. A primeira opção garante o cumprimento do plano sem atrasos, mas gera um aumento no quadro de pessoal.

Um dos pontos-chaves para o sucesso da Manutenção Preventiva é a definição dos intervalos ótimos de inspeção, os quais devem atender a duas exigências:

- a) o intervalo entre duas inspeções consecutivas de um mesmo equipamento deve ser tal que permita a identificação de defeitos no princípio, dando condições para que ações de correção sejam tomadas antes da falha;
- b) a frequência de execução das inspeções num dado equipamento deve ser adequada, ou seja, sem excessos, para evitar o emprego de recursos materiais e humanos além do necessário.

Estes intervalos podem ser calculados a partir da análise dos dados do “histórico do equipamento”, que é o registro de todas as manutenções realizadas ao longo da sua vida. Através do histórico, é possível determinar o *Mean Time Between Failures (MTBF - Tempo Médio entre Falhas)*, que é uma medida de confiabilidade que representa o tempo médio de operação de um equipamento até a ocorrência de uma falha.

O intervalo de inspeção pode ser determinado de forma empírica dividindo-se o *MTBF* por um fator de segurança (2, 3, 4 ou 5, avaliado caso a caso em função da criticidade do equipamento) ou calculado para garantir um nível de confiabilidade específico. O tamanho do intervalo deve ser reduzido a medida que é percebido que um defeito está se agravando ao longo da operação e o momento do reparo deve ser programado. O *MTBF* é abordado com mais detalhe nas seções 3.3, 3.4 e 3.5 do capítulo 3. Na falta de um histórico do equipamento, podem ser utilizadas informações de equipamentos similares ou recomendações do fabricante como ponto de partida. É importante que os intervalos de inspeção sejam revistos periodicamente.

2.7.1 Requisições de Serviço e Ordens de Serviço

Dado o grande número de solicitações que são encaminhadas ao setor de manutenção, para permitir um bom planejamento é necessário formalizá-las através de um documento que é a “requisição de serviço”. Neste documento devem constar os seguintes dados:

- a) Número da requisição de serviço – permite um controle sobre a ordem da emissão dos documentos e é a referência para acompanhamento do processo do princípio até a sua conclusão, com o atendimento da requisição;
- b) Nome do solicitante – identifica a pessoa que está requisitando o serviço e que deverá ser contatada para sanar dúvidas quanto à execução do trabalho e também para entrega do trabalho concluído;
- c) Setor do solicitante – ajuda na localização do requisitante e também é o setor para o qual serão debitadas as despesas com a execução do trabalho;
- d) Data da solicitação – é uma das informações utilizadas para priorização da execução das atividades e avaliação da duração do processo;

- e) Data desejada para conclusão do serviço – é uma das informações utilizadas para priorização da execução das atividades e sempre que possível deve-se procurar atendê-la, caso contrário o requisitante deve ser contatado para definição de um novo prazo de comum acordo;
- f) Nível de prioridade desejado – usualmente existem de 3 a 5 níveis de prioridade que variam da mais baixa até uma situação de emergência, podendo estar associados ou não a intervalos de tempo padronizados (máximo e mínimo) para atendimento da requisição;
- g) Descrição sucinta do que é solicitado – quanto melhor for a descrição e maior a riqueza de detalhes mais fácil será a execução correta do trabalho;
- h) Assinatura de aprovação da chefia do setor solicitante – registra que a chefia do setor foi envolvida e concorda com o que está sendo requisitado e com as conseqüentes despesas.

A requisição de serviço pode ser escrita em um formulário com duas vias, uma para o setor de manutenção e uma cópia para controle do requisitante ou pode ser enviada eletronicamente, quando são empregados *softwares* especialistas para gestão da manutenção.

Como existem várias solicitações concorrendo pelos recursos, é necessário também um critério de priorização da execução das tarefas. A caracterização do nível de prioridade de uma dada tarefa é dada com base no grau de importância do equipamento no processo produtivo. Logo, solicitações que não envolvam intervenções em equipamentos importantes terão necessariamente prioridade mais baixa e prazos mais longos para atendimento.

Tavares (1995) sugere a adoção de uma classificação ABC dos equipamentos:

- Classe A – equipamento cuja parada interrompe o processo produtivo.
- Classe B – equipamento que participa do processo produtivo, porém sua parada por algum tempo não interrompe a produção.
- Classe C – equipamento que não participa do processo produtivo.

Blake *et alli* (1974) *apud* Tavares (1995, pág.33), na obra “*Generating Station Maintenance*” estabelecem quatro níveis de prioridades para os trabalhos de manutenção:

- Prioridade 1 – Emergência – manutenção que deve ser feita imediatamente após detectada a sua necessidade. Exemplo: falha em equipamento classe A.
- Prioridade 2 – Urgência – manutenção que deve ser executada o mais breve possível, de preferência sem ultrapassar 24 horas, após detectada a sua necessidade. Exemplo: defeito em estado próximo à falha em equipamento classe A, falha em equipamento classe B.
- Prioridade 3 – Necessária – manutenção que pode ser adiada por alguns dias, porém sua execução não deve ultrapassar uma semana. Exemplo: Manutenção Preventiva de acordo com uma programação pré-estabelecida de equipamento classe A, reparo de defeitos em equipamento classe B.
- Prioridade 4 – Desejável – manutenção que pode ser adiada por algumas semanas (recomendável 4 ou 5), porém não deve ser omitida. Exemplo: falha em equipamento classe C.

Completando este conjunto de prioridades, Tavares (1995, pág.33) sugere um quinto nível que caracteriza os serviços que só serão executados quando houver disponibilidade de mão-de-obra da equipe de manutenção:

- Prioridade 5 – Prorrogável – manutenção que pode deixar de ser executada.
Exemplos : defeito em equipamento classe C, melhoria estética da instalação.

Eventualmente existirão conflitos entre o nível de prioridade da tarefa segundo a classificação do requisitante e o julgamento do planejador de manutenção que a recebe. Estas divergências devem ser resolvidas através do diálogo entre as partes, pela negociação dos prazos, pela aplicação do bom senso e se for necessário pelo envolvimento de mais pessoas da hierarquia da empresa para que a melhor decisão seja tomada. O setor de manutenção é um fornecedor de serviços das demais áreas, suas clientes, e como tal deve atendê-las com qualidade.

O planejador de manutenção recebe e analisa as requisições de serviço e faz a programação dos trabalhos. A execução de qualquer tarefa depende da existência dos seguintes recursos : material e ferramental necessários (meios), profissionais qualificados (pessoas) e oportunidade para realização da intervenção (tempo). Ele deve reservar previamente no almoxarifado os materiais necessários para a execução do trabalho requisitado ou providenciar a sua aquisição.

Assim, a ordem de atendimento das requisições de serviço depende da data em que ela foi realizada, da data solicitada para entrega do serviço, do nível de prioridade da tarefa e da disponibilidade dos recursos.

Uma vez que a requisição de serviço foi agendada e os recursos estão disponíveis é gerada a “ordem de serviço”. A ordem de serviço é o documento enviado ao profissional de manutenção que vai executar a tarefa. Ela contém as informações constantes na requisição de serviço que a originou, a data e a hora da programação de execução e pode conter diversas informações adicionais úteis tais como a lista de sobressalentes, roteiros para execução do trabalho, cuidados de segurança a serem observados, etc.

A maior parte destas informações é obtida do “cadastro do equipamento”. Segundo Tavares (1996, pág.66), os dados do cadastro:

“... devem ser suficientemente abrangentes para atender a futuras consultas relativas a características de especificação, fabricação, aquisição, deslocamento, instalação, operação e manutenção.”

O cadastro deve reunir num único arquivo as seguintes informações a respeito de cada equipamento:

- a) os dados construtivos (manuais, catálogos, desenhos);
- b) dados de compra (data de compra , custo);
- c) origem (fabricante, fornecedor, tipo, modelo, número de série);
- d) informações sobre transporte e armazenamento (dimensões, peso, cuidados);
- e) dados de operação (características normais e limites operativos)
- f) dados de manutenção (sobressalentes gerais e específicos, lubrificantes, recomendações do fabricante, curvas características, limites, folgas ajustes.

Quando são empregados *softwares* de gerenciamento da manutenção mais modernos então podem ser agregados ao cadastro recursos como por exemplo: desenhos realizados em ferramentas de *CAD (Computer Aided Design – Projeto Assistido por Computador)*, fotografias digitais, vídeos, etc.

Após a conclusão da tarefa, o executante completa a ordem de serviço informando:

- a) a data e a hora do início e a data e a hora da conclusão – estes dados são empregados tanto para custeio quanto para controle da mão-de-obra;
- b) os materiais e ferramentais consumidos – estes dados são empregados para custeio e para o histórico dos equipamentos;
- c) descrição do que foi realizado – estes dados são utilizados para estudos de melhorias e prevenção de falhas assim como para o histórico dos equipamentos.

A ordem de serviço quando retorna, após a conclusão do trabalho, irá alimentar com informações o histórico do equipamento.

Uma boa prática de gerenciamento adotada por diversas empresas é a de debitar os custos dos trabalhos realizados pelo setor de manutenção ao setor solicitante. Uma vez que é responsável pelo custo, o solicitante torna-se mais criterioso ao analisar a real necessidade de fazer uma solicitação, ao mesmo tempo que procura definir melhor o que quer e, por fim, fica mais interessado em acompanhar a execução do serviço. Desta forma, os diversos setores da empresa devem fazer uma previsão nos seus orçamentos anuais para suas necessidades assim como para eventualidades. A elaboração deste orçamento pode ser feita em conjunto com o setor de manutenção e a partir de dados históricos.

As requisições de serviço podem ser geradas internamente pelo setor de manutenção sempre que alguém da equipe identifica um problema que precisa ser corrigido.

As ordens de serviço são geradas também para os trabalhos de Manutenção Preventiva dos equipamentos.

CAPÍTULO 3 - A MANUTENÇÃO E A CONFIABILIDADE

3.1 Comentários iniciais

O mundo moderno com todas as suas maravilhas tecnológicas, que nos abrem possibilidades quase infinitas, está alicerçado em sistemas de grande complexidade.

Durante as atividades diárias, as pessoas não percebem como estes sistemas estão integrados a suas vidas e a suas rotinas. São sistemas de controle de tráfego para os meios de transporte (automóveis, aeronaves, trens), sistemas de comunicação, sistemas de operação das instituições financeiras, sistemas de automação industrial, sistemas de controle das centrais de energia, sistemas de segurança, sistemas de informações, entre tantos outros.

Os equipamentos estão mais sofisticados e a cada dia surgem novas invenções, as quais são incorporadas ao cotidiano das empresas e dos indivíduos, tornando-se rapidamente indispensáveis.

As conseqüências de uma falha têm se tornando mais sérias. Podem ser dispendiosas, como no caso de ocorrência de uma pane em uma central elétrica ou no sistema de controle da operação de um forno siderúrgico. Podem, ainda, ser trágicas, quando um equipamento hospitalar de suporte à vida pára de funcionar em uma unidade de terapia intensiva ou quando um sistema de controle de tráfego ferroviário falha, provocando um acidente. Também existem possibilidades potencialmente catastróficas, a exemplo da falha em um reator nuclear.

Na indústria, as falhas são responsáveis pela interrupção ou redução de capacidade dos processos produtivos. A grande concorrência hoje existente entre as empresas, conseqüência da globalização dos mercados, torna indispensável que a produção se dê com elevados padrões de eficiência e qualidade.

A disponibilidade dos equipamentos precisa ser maximizada, sendo estratégica em virtude dos seguintes fatores:

- a) permite que o plano de produção, programado para o atendimento da previsão de vendas, seja cumprido;
- b) possibilita a obtenção do retorno calculado para os investimentos realizados na planta, evitando que investimentos desnecessários em ampliação de capacidade sejam feitos;
- c) torna o sistema produtivo mais flexível.

Assim, é importante saber a expectativa de vida, tanto de um componente isolado quanto de todo o sistema do qual ele é parte integrante. Da mesma forma, é fundamental conhecer a carga de manutenção demandada para permitir o dimensionamento dos recursos de suporte necessários a uma operação eficiente. Estas informações só podem ser obtidas através de uma análise cuidadosa da confiabilidade e da manutibilidade, incorporadas desde a concepção do projeto original.

Este capítulo aborda tópicos concernentes ao estudo de Engenharia de Confiabilidade, que estão relacionados com o tema “Manutenção”, não pretendendo esgotar o assunto daquela disciplina.

3.2 Conceito de Disponibilidade

A disponibilidade (D) de uma fábrica, por exemplo, pode ser definida como a relação entre o tempo acumulado de operação e o tempo total transcorrido, isto é:

$$D = \frac{TPR}{TPR + TPA} \quad (3.1).$$

Na equação 3.1, TPR é o tempo correspondente ao estado em que a fábrica está produzindo e TPA é o tempo correspondente às paralisações. Neste contexto, portanto, a disponibilidade pode ser definida como a probabilidade da fábrica estar operando em um dado instante qualquer no período considerado.

Muitas vezes temos situações onde a fábrica está operando, porém não com sua capacidade plena. Nestes casos, é comum definir-se a disponibilidade em termos de tempo equivalente de produção à plena capacidade.

Segundo a NBR 5462 (1994, pág.2), disponibilidade é:

“Capacidade de um item de estar em condições de executar uma dada função em um dado instante ou durante um intervalo de tempo determinado, levando-se em conta os aspectos combinados de sua confiabilidade, manutibilidade e suporte de manutenção, supondo que os recursos externos requeridos estejam adequados.”

3.3 Conceito de Confiabilidade

A confiabilidade, de acordo com Ribeiro (1995), não era reconhecida formalmente como uma característica de desempenho de um produto no passado, sendo durante muito tempo um conceito subjetivo.

Santos (1996, pág.12) começa a definir confiabilidade dizendo:

“No conceito popular, a confiabilidade de um produto está associada com o funcionamento bem sucedido ao longo da vida útil, sem ocorrência de quebras ou falhas.”

Ribeiro (1995, pág.1.2) mostra que é necessário elaborar uma conceituação formal de engenharia:

“... clientes podem ter diferentes expectativas em relação ao desempenho ou vida útil de um produto. Também pode haver opiniões diversas a respeito do que exatamente consiste queda de desempenho ou falha. Entretanto, dentro da Engenharia, a CONFIABILIDADE tem ganho importância crescente e é definida de forma objetiva e mensurável.”

Segundo a NBR 5462 (1994, pág.3), confiabilidade é:

“Capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas , durante um intervalo de tempo.”

A confiabilidade de um produto ou de um equipamento é comumente expressa pelo *Mean Time Between Failures (MTBF)*, que é o tempo médio de bom funcionamento ou tempo médio entre falhas.

A NBR 5462 aborda a natureza probabilística da confiabilidade quando conceitua cada umas das funções de confiabilidade, as quais serão apresentadas mais adiante neste texto.

Segundo Ribeiro (1995), o conceito de confiabilidade envolve três aspectos:

- a) a definição das condições operacionais para as quais o produto foi ou será projetado e estará submetido;
- b) a definição das funções que ele deverá cumprir em operação;
- c) a definição da vida útil esperada para o produto.

De acordo com Ribeiro (1995), no passado, a confiabilidade era incorporada ao produto através de tentativa e erro ou por superdimensionamento, normalmente em função de reclamações dos clientes, mas atualmente existem técnicas que nos permitem, dentro de um planejamento estruturado, incorporar a confiabilidade ao projeto. As linhas gerais de ação são:

1. Identificar as expectativas do cliente quanto ao desempenho do produto e a sua vida útil.
2. Identificar as condições ambientais de operação.
3. Coletar dados referentes à engenharia dos componentes do produto.

4. Incorporar ao projeto do produto uma análise preliminar de confiabilidade.
5. Verificar se o projeto proposto tem chance de atender às especificações definidas.
6. Se projeto não conseguir atender às especificações definidas então devem ser promovidas alterações, reduzindo a complexidade do sistema, empregando componentes mais confiáveis ou usando redundância.
7. Compatibilizar os aspectos referentes a confiabilidade, desempenho esperado e custo.

Os testes devem ser conduzidos em condições operacionais realistas e a análise dos resultados deve ter respaldo estatístico.

O emprego de redundância é muito comum quando os equipamentos são críticos para a empresa. O projeto de grandes caldeiras para geração de vapor, os quais são equipamentos caros, que raramente param para manutenção, usualmente contempla duas bombas de alimentação de água, pois, havendo falta de água com a caldeira em operação, há o risco de todo o sistema entrar em colapso por causa do calor excessivo. Da mesma forma, para proteção da caldeira sempre são instaladas duas válvulas de segurança para alívio de excesso de pressão.

3.4 Manutibilidade ou Manutenibilidade

Os termos manutibilidade e manutenibilidade são sinônimos. O primeiro foi criado a partir de manutenção do português. O segundo deriva do termo em inglês *maintenance* ou traduzido diretamente de *maintenability*.

De acordo com Ribeiro (1995, pág.1.6):

“A técnica dedicada a facilitar o diagnóstico e reparo, diminuindo os tempos de parada, é chamada de manutibilidade.”

A NBR 5462 (1994, pág.3) emprega o termo manutenibilidade e o define como:

“Capacidade de um item ser mantido ou recolocado em condições de executar suas funções requeridas, sob condições de uso especificadas, quando a manutenção é executada sob condições determinadas e mediante procedimentos e meios prescritos.”

A medida de manutibilidade mais empregada é o *Mean Time To Repair (MTTR)*, que é o tempo médio de reparo.

Um projeto bem elaborado deve criar boas condições de manutibilidade. Devem ser previstos: acessos fáceis, substituição modular e pontos de testes localizados estrategicamente.

A disponibilidade pode ser determinada em função do *MTBF* e do *MTTR*:

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (3.2).$$

Considere-se, para exemplificação, que a disponibilidade (D) requerida de operação da fábrica seja de 0,95 e que o tempo médio de bom funcionamento (*MTBF*) do sistema seja igual a 250 horas. O tempo médio de reparo (*MTTR*) pode ser obtido, substituindo-se os valores na equação 3.2, como segue:

$$0,95 = \frac{250}{250 + MTTR} .$$

Isolando-se *MTTR*, obtém-se:

$$MTTR = \frac{250}{0,95} \times (1 - 0,95) = 13,2 \text{ horas.}$$

Este valor de *MTTR* representa a duração da totalidade das intervenções de manutenção, de modo a conferir a disponibilidade pré-determinada à fábrica. Sua validade depende da credibilidade do valor do *MTBF* do sistema.

É importante medir os tempos de reparo das intervenções ou, pelo menos, poder estimá-los realisticamente. A análise destes dados em combinação com dados de confiabilidade, permitem a comparação de estratégias alternativas de reparo em termos de custos e recursos necessários.

3.5 As funções de confiabilidade

Considere-se que uma determinada quantidade n_0 de componentes idênticos são submetidos a teste, sob condições operacionais de projeto. Admita-se, ainda, que somente dois estados são possíveis, ou seja, o componente está funcionando normalmente ou o componente falhou e, neste último caso, que a falha seja irreversível. Decorrido um determinado período t de realização do teste, uma parte dos componentes entrou em falha $n_f(t)$ e o restante permanece operando $n_s(t)$. Além disto, após um dado período t_f , ocorre que a totalidade dos componentes em teste n_0 tenha falhado.

É possível dividir t_f em diversos intervalos iguais e determinar, para cada intervalo, o número de componentes que falharam. A figura 3.1 apresenta um exemplo de histograma, representando as frequências relativas de falhas. A figura 3.2 apresenta um outro histograma, para o mesmo caso, mas desta vez as quantidades de componentes que falharam com o passar do tempo $n_f(t)$, desde o início do teste, vão sendo acumuladas. Por fim, a figura 3.3 apresenta o complemento do histograma anterior, mostrando o número de unidades que ainda permanecem em operação $n_s(t)$, ao longo do tempo.

Curvas contínuas podem ser ajustadas a partir de cada um destes histogramas, conforme se pode observar nas figuras 3.1, 3.2 e 3.3. Estas curvas, assim obtidas, são a representação gráfica de algumas das funções de confiabilidade mais importantes.

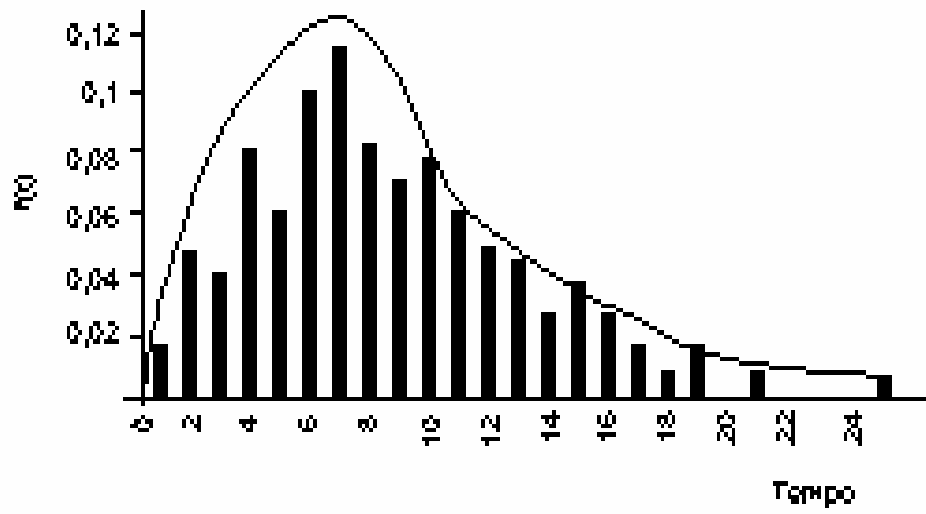


Figura 3.1 - Frequências relativas de falha - adaptada de Santos (1996, pág.16).

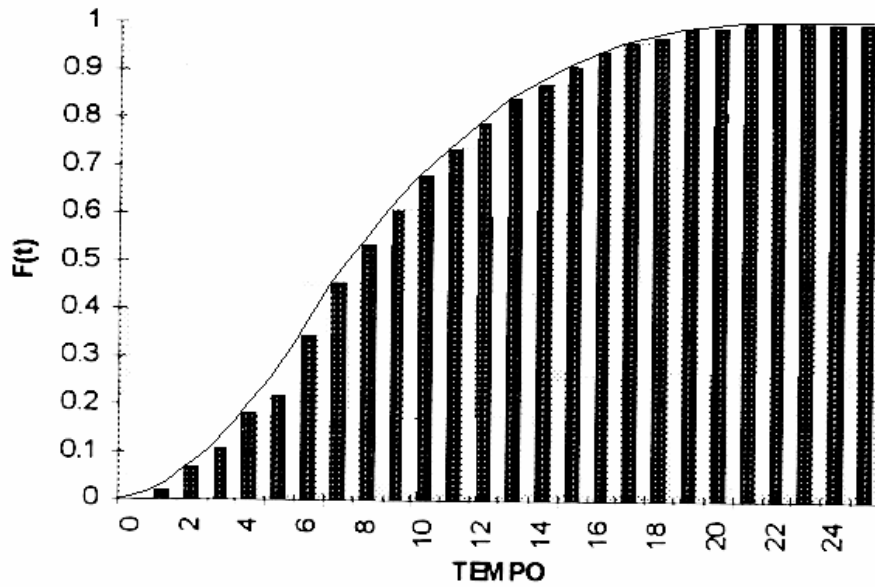


Figura 3.2 - Frequências acumuladas de falha - adaptada de Santos (1996, pág.16).

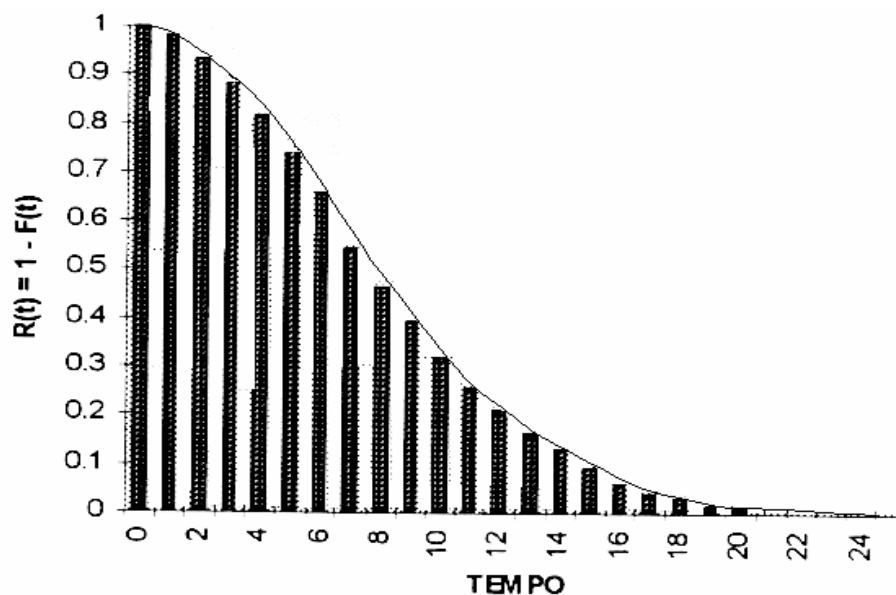


Figura 3.3 Distribuição de falhas - adaptada de Santos (1996, pág.17).

3.5.1 Função Densidade de Probabilidade de Falha

A função representada pela curva contínua, obtida a partir do ajuste de um histograma de frequências relativas de falhas (figura 3.1), é chamada de Função Densidade de Probabilidade de Falha. A área total sob esta curva é igual a 1 e, para qualquer tempo t , a área à esquerda é a probabilidade de falha de um componente naquele instante. O símbolo da Função Densidade de Probabilidade de Falha é $f(t)$.

3.5.2 Função Acumulada de Falha

A função representada pela curva contínua, obtida a partir do ajuste de um histograma de frequências acumuladas de falhas (figura 3.2), é chamada de Função Acumulada de Falha $F(t)$. Ela também é chamada de Função Desconfiabilidade ou simplesmente Desconfiabilidade. O símbolo da Função Acumulada de Falha é $F(t)$.

A Função Acumulada de Falha é definida como a razão entre o número de unidades que falharam $n_f(t)$ até o momento t em relação ao total em teste n_0 , representando a probabilidade de insucesso de um componente naquele instante.

$$F(t) = \frac{n_f(t)}{n_0} \quad (3.3).$$

Matematicamente também pode ser definida como :

$$F(t) = \int_0^t f(\xi).d\xi \quad (3.4),$$

onde a função integrada é a Função Densidade de Probabilidade de Falha $f(t)$.

3.5.3 Função Acumulada de Sucesso

A função representada pela curva contínua, obtida a partir do ajuste de um histograma de distribuição de falhas (figura 3.3), é chamada de Função Acumulada de Sucesso. Esta curva é conhecida como “Curva de Mortalidade”. A Função Acumulada de Sucesso é também chamada de Função Confiabilidade ou simplesmente Confiabilidade. O símbolo da Função Acumulada de Sucesso é $R(t)$.

A Função Acumulada de Sucesso é definida como a razão entre o número de unidades sobreviventes $n_s(t)$ até o momento t em relação ao total em teste n_0 , representando a probabilidade de sucesso de um componente naquele instante.

$$R(t) = \frac{n_s(t)}{n_0} \quad (3.5).$$

Segundo a NBR 5462 (1994, pág.11) confiabilidade é:

“Probabilidade de um item poder desempenhar uma função requerida, sob dadas condições, durante um dado intervalo de tempo.”

A função $R(t)$ é o complemento da função $F(t)$:

$$F(t) + R(t) = \frac{n_f(t)}{n_0} + \frac{n_s(t)}{n_0} = \frac{n_f(t) + n_s(t)}{n_0} = 1 \quad (3.6).$$

Assim, obtém-se em consequência da equação 3.6:

$$R(t) = 1 - F(t) \quad (3.7)$$

ou

$$R(t) = 1 - \int_0^t f(\xi).d\xi \quad (3.8)$$

ou ainda,

$$\frac{dR(t)}{dt} = -f(t) \quad (3.9).$$

Por definição, o *MTBF* de um componente ou sistema é dado pela equação:

$$MTBF = \int_0^{\infty} R(t).dt \quad (3.10).$$

A NBR 5462 (1994, pág.12) define o *MTBF* como:

“Esperança matemática do tempo entre falhas de um item”.

3.5.4 Função Taxa de Risco

A Função Taxa de Risco é também chamada de Taxa Instantânea de Falha, Taxa de Mortalidade ou simplesmente Taxa de Falha. O símbolo da Função Taxa de Risco é $h(t)$.

A Função Taxa de Risco é definida matematicamente como segue:

$$h(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (3.11).$$

Tomando-se a equação 3.9, ou seja,

$$\frac{dR(t)}{dt} = -f(t) \quad (3.9),$$

obtem-se:

$$h(t) = -\frac{1}{R(t)} \cdot \frac{dR(t)}{dt} \quad (3.12).$$

Integrando-se a expressão anterior resulta:

$$\int_0^t h(\xi).d\xi = -\int_0^t \frac{1}{R(\xi)}.dR(\xi) \quad (3.13),$$

logo

$$\int_0^t h(\xi).d\xi = -\ln R(t) \quad (3.14)$$

e por fim

$$R(t) = e^{-\int_0^t h(\xi).d\xi} \quad (3.15).$$

3.5.5 Função Taxa de Risco Acumulada

O símbolo da Função Taxa de Risco Acumulada é H(t).

A Função Taxa de Risco Acumulada é definida matematicamente como segue:

$$H(t) = \int_0^t h(\xi).d\xi \quad (3.16),$$

onde a função integrada é a Função Taxa de Risco. Logo, pode-se escrever:

$$R(t) = e^{-H(t)} \quad (3.17)$$

ou

$$H(t) = -\ln R(t) \quad (3.18).$$

3.6 O perfil de falha ao longo da vida de um equipamento

A Função Taxa de Risco pode ter comportamentos diversos, ao longo da vida de um equipamento, tais como: permanecer constante, crescer ou decrescer. A curva da figura 3.4 apresenta, de uma forma bastante genérica, a evolução da Função Taxa de Risco dos componentes de um equipamento ao longo de sua vida. Os valores de $h(t)$, a escala de tempo t envolvida e as dimensões relativas das fases I, II e III variam em ordem de grandeza de um componente para outro.

Há casos onde uma ou duas fases podem não existir, a exemplo de dispositivos eletrônicos de alta confiabilidade de controle de aeronaves, onde a fase III não ocorre.

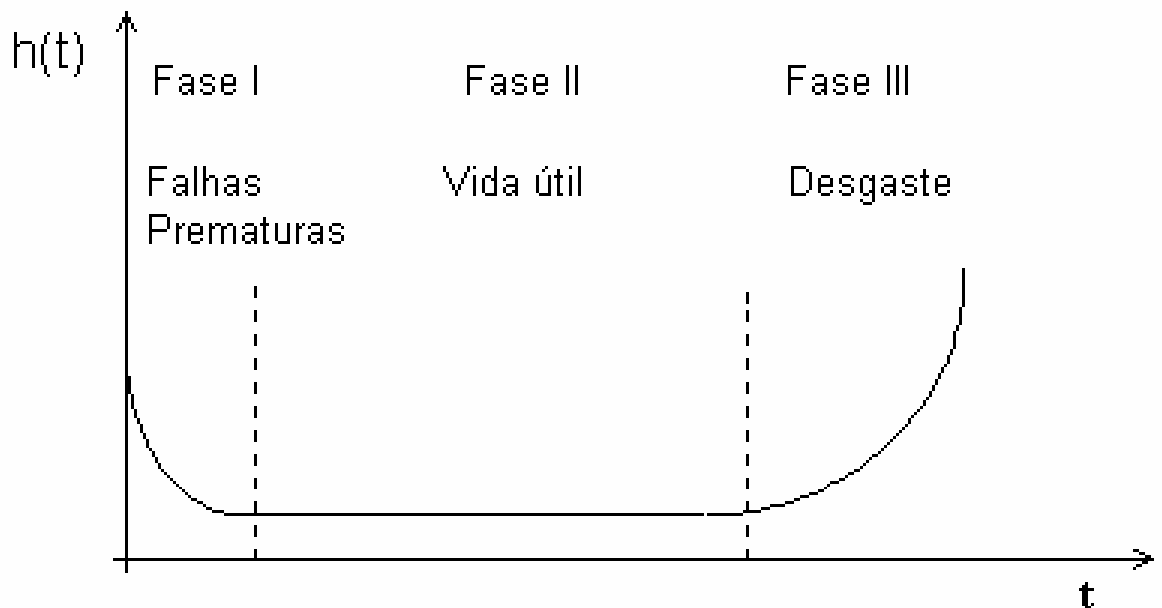


Figura 3.4 - “Curva da Banheira” - adaptada de Kelly & Harris (1980, pág.47).

A fase I é o período de ocorrência de falhas prematuras ou precoces. Este é o tempo durante o qual a Função Taxa de Risco de alguns itens assume valores que decrescem rapidamente. A experiência mostra que, devido principalmente a anormalidades de fabricação, a um uso demasiadamente intenso ou a um projeto defeituoso, aparecem falhas logo após se iniciar o uso do componente ou do equipamento.

As falhas precoces podem, geralmente, ser eliminadas por meio de um controle rigoroso na fabricação e também mediante testes acelerados de vida, antes do envio do produto ao consumidor.

Exemplificando, considere-se a seguinte Função Taxa de Risco, cujo valor decresce linearmente com o passar do tempo:

$$h(t) = a - b.t \quad (3.19), \text{ sendo } a > b . t.$$

As demais funções de confiabilidade ficam como segue:

$$a) \quad H(t) = a.t - \frac{b.t^2}{2} \quad (3.20);$$

$$b) \quad f(t) = (a - b.t)^2 . e^{-[a.t - (b.t^2)/2]} \quad (3.21);$$

$$c) \quad R(t) = (a - b.t) . e^{-[a.t - (b.t^2)/2]} \quad (3.22);$$

$$d) \quad F(t) = 1 - (a - b.t) . e^{-[a.t - (b.t^2)/2]} \quad (3.23).$$

A fase II é o período da Função Taxa de Risco constante ou das falhas casuais (aleatórias). Estas falhas não são de fácil eliminação, uma vez que elas ocorrem de forma inesperada, ao acaso, em intervalos de tempos irregulares. Merecem atenção especial, uma vez que incidem desfavoravelmente sobre a confiabilidade dos equipamentos durante a sua vida operacional. Em sistemas complexos, o aparecimento de falhas casuais é natural do ponto de vista estatístico.

A Função Taxa de Risco com valor constante ao longo do tempo significa que a probabilidade de uma falha é independente do tempo de vida do componente. Esta é uma condição típica de componentes eletrônicos.

Exemplificando, considere-se a seguinte Função Taxa de Risco, cujo valor permanece constante com o passar do tempo:

$$h(t) = \lambda \text{ (constante)} \quad (3.24).$$

As demais funções de confiabilidade ficam como segue:

a) $H(t) = \lambda.t \quad (3.25);$

b) $f(t) = \lambda.e^{-(\lambda.t)} \quad (3.26);$

c) $R(t) = e^{-(\lambda.t)} \quad (3.27);$

d) $F(t) = 1 - e^{-(\lambda.t)} \quad (3.28).$

A fase III é o período onde a Função Taxa de Risco de alguns itens assume valores que crescem rapidamente. As falhas que ocorrem nesta fase são, sem dúvida, um sintoma do envelhecimento do equipamento e podem ser causadas por desgaste ou deterioração.

Há casos onde é possível reduzir ou eliminar o efeito das falhas da velhice. Um equipamento submetido a um trabalho intermitente, pode ter suas peças substituídas a intervalos convenientes, mantendo o seu desempenho. Em geral, a manutenção preventiva tem por objetivo prolongar a vida útil dos equipamentos, atuando sobre os componentes que tendem a se desgastar. O ideal é que tais substituições interfiram o mínimo possível com a operação dos demais componentes, não interrompam a operação normal de produção e ocorram em intervalos que, na medida do possível, excedam o ciclo máximo de operação ou de produção contínua.

A Função Taxa de Risco crescente significa que a probabilidade de falha aumenta quanto maior for o tempo de uso. Esta é uma condição típica de componentes mecânicos.

Exemplificando, considere-se a seguinte Função Taxa de Risco, cujo valor cresce linearmente com o passar do tempo:

$$h(t) = \lambda.t \quad (3.29).$$

As demais funções de confiabilidade ficam como segue:

$$a) \quad H(t) = \frac{\lambda.t^2}{2} \quad (3.30);$$

$$b) \quad f(t) = \lambda.t.e^{-[(\lambda.t^2)/2]} \quad (3.31);$$

$$c) \quad R(t) = e^{-[(\lambda.t^2)/2]} \quad (3.32);$$

$$d) \quad F(t) = 1 - e^{-[(\lambda.t^2)/2]} \quad (3.33).$$

A teoria e a prática da confiabilidade fazem sempre uma distinção clara entre falhas precoces, casuais e por velhice. Elas exigem tratamentos matemáticos diferenciados, assim como as técnicas para eliminá-las ou reduzi-las diferem radicalmente.

3.7 As funções de manutibilidade

O tempo necessário para reparar um sistema não é fixo, dependendo de uma série de fatores, entre eles, do próprio nível de habilidade e conhecimento da equipe de manutenção. Portanto o tempo de reparo não é uma constante, mas sim uma variável aleatória.

A NBR 5462 (1994, pág.8) define tempo de manutenção como:

“Intervalo de tempo durante o qual é executada uma ação de manutenção em um item, manual ou automaticamente, incluindo os atrasos técnicos e logísticos.”

Estes atrasos conferem uma variabilidade às durações das intervenções, ainda que se trate da execução de uma tarefa já realizada repetidas vezes no passado.

Existe uma perfeita analogia entre as probabilidades de falhar (confiabilidade e desconfiabilidade) e de manter (manutibilidade e não-manutibilidade), ambas referidas a uma mesma variável aleatória, ou seja, o tempo. Em consequência, é possível também a definição das funções de manutibilidade.

3.7.1 A Função Densidade de Probabilidade de Recolocação em Serviço

O seu símbolo é $g(t)$. O produto da Função Densidade de Probabilidade de Recolocação em Serviço $g(t)$ por um intervalo de tempo Δt é a probabilidade de um dado elemento ser recolocado em serviço entre um tempo $t + \Delta t$.

3.7.2 A Função Manutibilidade

Conforme Santos (1996, pág.22) a Função Manutibilidade é:

“... a probabilidade de recolocar em serviço um equipamento, componente ou sistema em um dado tempo t .”

O símbolo da Função Manutibilidade é $M(t)$.

A Função Manutibilidade pode ser definida matematicamente como:

$$M(t) = \int_0^t g(\xi).d\xi \quad (3.34),$$

onde a função integrada é a Função Densidade de Probabilidade de Recolocação em Serviço $g(t)$.

3.7.3 A Função Não-manutibilidade

Conforme Santos (1996, pág.22) a Função Não-manutibilidade é:

“ ... a probabilidade de um equipamento, componente ou sistema não ser recolocado em serviço em um dado tempo t . ”

O símbolo da Função Não-manutibilidade é $N(t)$.

A Função Não-manutibilidade pode ser definida matematicamente como:

$$N(t) = 1 - M(t) \quad (3.35).$$

Por definição o $MTTR$ de um equipamento, de um componente ou sistema é dado pela equação:

$$MTTR = \int_0^{\infty} N(t).dt \quad (3.36).$$

A NBR 5462 (1994, pág.12) define o $MTTR$ como:

“Esperança matemática do tempo de restabelecimento.”

3.7.4 A Função Taxa Instantânea de Recolocação em Serviço

O símbolo da Função Taxa Instantânea de Recolocação em Serviço é $\mu(t)$.

A Função Taxa Instantânea de Recolocação em Serviço é definida matematicamente como segue:

$$\mu(t) = \frac{g(t)}{1 - M(t)} = \frac{g(t)}{N(t)} \quad (3.37).$$

Tomando-se

$$g(t) = \frac{dM(t)}{dt} \quad (3.38),$$

pode-se escrever:

$$\mu(t) = \frac{1}{1 - M(t)} \cdot \frac{dM(t)}{dt} \quad (3.39).$$

Integrando-se e resolvendo a expressão 3.39 obtém-se:

$$M(t) = 1 - e^{-\int_0^t \mu(\xi).d\xi} \quad (3.40).$$

3.8 A Distribuição de Weibull

Conforme Kelly & Harris (1980), o engenheiro mecânico de nome Waloddi Weibull publicou, em 1951, no *Jornal de Mecânica Aplicada (Journal of Applied Mechanics)*, da Inglaterra, um artigo intitulado “Uma Função de Distribuição Estatística de Larga Aplicação” (*A Statistical Distribution Function of Wide Applicability*), como resultado das suas pesquisas sobre resistência de aços.

Weibull desenvolveu uma expressão que permitia que fosse usada somente uma Função Densidade de Probabilidade de Falha para representar as distribuições dos tempos até a falha com Funções Taxas de Risco constantes, crescentes e decrescentes. Não possuindo uma forma característica específica, a Distribuição de Weibull pode representar várias funções particulares, dependendo dos valores dos seus parâmetros. Este motivo faz com que ela seja amplamente utilizada nos problemas práticos de manutenção, especialmente na análise de dados do histórico de máquinas e equipamentos.

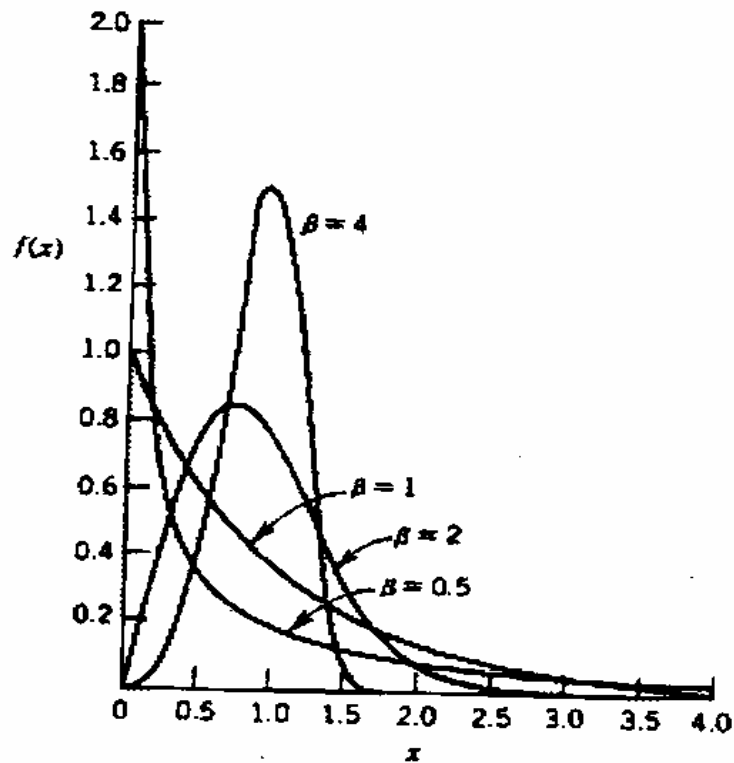


Figura 3.5 - A Função Densidade de Probabilidade de Falha - Distribuição de Weibull parâmetros: $\beta = 0,5; 1; 2 \text{ e } 4 \therefore \eta = 1 \therefore t_0 = 0$ - Santos (1996, pág.21).

3.8.1 Descrição dos parâmetros da Distribuição de Weibull

A Distribuição de Weibull varia de acordo com os seus três parâmetros: o tempo de vida mínima, a vida característica e o parâmetro de forma.

3.8.1.1 Tempo de Vida Mínima - Parâmetro de Posição

Este parâmetro é usado para indicar o valor de tempo de vida ou de bom funcionamento até que ocorra a primeira falha. Seu símbolo é t_0 . O parâmetro Tempo de Vida Mínima também é chamado de Tempo até a Falha Inicial.

São possíveis as seguintes situações:

- a) quando $t_0 > 0$ existe operação normal no intervalo desde $t = 0$ até $t = t_0$, quando ocorre a primeira falha;
- b) quando $t_0 = 0$, as falhas iniciam na origem da contagem dos tempos;
- c) quando $t_0 < 0$, as falhas iniciaram antes do momento inicial considerado para contagem dos tempos;

3.8.1.2 Vida Característica - Parâmetro de Escala

Este parâmetro é o tempo de ocorrência de 63,21 % das falhas. Seu símbolo é η .

3.8.1.3 Parâmetro de Forma

Este parâmetro modifica o formato da equação de Weibull fazendo-a representar uma curva típica de falhas prematuras, de falhas aleatórias ou de falhas por desgastes. Seu símbolo é β .

3.8.2 As equações parametrizadas das funções $R(t)$, $F(t)$, $f(t)$, $h(t)$ e $H(t)$

As equações estão apresentadas na sua forma triparamétrica. É muito comum a representação na forma biparamétrica, que será empregada mais adiante, obtida considerando-se $t_0 = 0$ e a primeira falha como ocorrida no início da contagem do tempo.

A seguinte notação é empregada nas equações:

e = base do logaritmo neperiano, constante de Euler (2,71828...);

t = tempo transcorrido;

β = parâmetro de forma;

η = parâmetro de escala;

t_0 = parâmetro de posição.

3.8.2.1 Equação de Weibull para Função Confiabilidade

$$R(t) = e^{-[(t-t_0)/\eta]^\beta} \quad (3.41).$$

3.8.2.2 Equação de Weibull para Função Acumulada de Falha

$$F(t) = 1 - e^{-[(t-t_0)/\eta]^\beta} \quad (3.42).$$

Quando $\eta = (t - t_0)$, obtém-se $F(t) = 1 - e^{-1} = 0,632120$.

3.8.2.3 Equação de Weibull para Função Densidade de Probabilidade de Falha

$$f(t) = \frac{\beta \cdot (t - t_0)^{(\beta-1)}}{\eta^\beta} \cdot e^{-[(t-t_0)/\eta]^\beta} \quad (3.43).$$

3.8.2.4 Equação de Weibull para Função Taxa de Risco

$$h(t) = \frac{\beta \cdot (t - t_0)^{(\beta-1)}}{\eta^\beta} \quad (3.44).$$

3.8.2.5 Equação de Weibull para Função Taxa de Risco Acumulada

$$H(t) = [(t - t_0) / \eta]^\beta \quad (3.45).$$

3.8.3 Relação do Parâmetro de Forma com a natureza da falha

Segundo Monchy (1989), teoricamente β pode assumir valores entre 0 e infinito, mas na prática é pouco provável encontrar valores menores que 0,2 ou maiores que 10.

3.8.3.1 Fator de Forma com valor menor do que 1

Se β é menor do que 1, então as falhas que ocorrem são do tipo prematuras ou de entrada em operação e a curva representada pela equação de Weibull corresponde ao que foi anteriormente chamado de fase I da vida do componente.

As causas mais prováveis para se obter um β menor do que 1 são:

- a) serviços de manutenção mal executados ou executados sem a qualidade necessária;
- b) qualidade inferior dos materiais utilizados na manutenção;
- c) máquina operada fora das condições de projeto, logo após a manutenção.

3.8.3.2 Fator de Forma com valor igual ou próximo a 1

Se β é igual a 1 ou próximo, então as falhas que ocorrem são do tipo aleatórias e a curva representada pela equação de Weibull corresponde ao que foi anteriormente chamado de fase II da vida do componente, ou seja, o período de vida útil.

As causas prováveis de se obter um β próximo a 1 são:

- a) equipamento com taxa de risco constante e que pode falhar de forma imprevisível;
- b) erro no método de coleta de dados, onde foram misturados subsistemas diferentes de uma mesma máquina, os quais possuem componentes com diferentes idades, estando em fases distintas da sua vida;
- c) máquina operada aleatoriamente fora das condições de projeto.

3.8.3.3 Fator de Forma com valor maior do que 1

Um β muito maior do que 1 sugere sempre que não existe manutenção preventiva, quer seja sistemática ou condicional, pois as características da falha indicam quebra por uso.

Se β é maior do que 1, então as falhas que ocorrem são características da velhice ou do fim da vida econômica.

A equação de Weibull aproxima-se da Função Normal quando os valores de β estão no intervalo entre 3 e 4, tornando-se simétrica para β igual a 3,5.

A equação de Weibull representa a função de Rayleigh, quando β assume valores no intervalo entre 2 e 3.

Finalmente, é possível determinar o modo de falha em função do valor de β :

- a) se $1,5 < \beta < 2,5$ teremos falhas por fenômenos de fadiga;
- b) se $3,0 < \beta < 4,0$ as falhas são devidas a desgaste, corrosão ou pela ultrapassagem de um patamar de deformação plástica.

Quanto maior for o valor de β , mais rápida será a falha total.

As causas prováveis para se obter um β maior do que 1 são:

- a) não existe programa de manutenção preventiva, as máquinas rodam até a falha;
- b) existe programa de manutenção, mas ele é inadequado para a realidade das máquinas.

3.8.4 As equações parametrizadas das funções $M(t)$, $N(t)$, $g(t)$ e $\mu(t)$

As equações estão apresentadas na sua forma biparamétrica.

A seguinte notação é empregada nas equações:

e = base do logaritmo neperiano, constante de Euler (2,71828...);

t = tempo transcorrido;

γ = parâmetro de forma;

μ_0 = parâmetro de escala ou taxa de recolocação característica ($N(t)=1/e= 0,37$).

3.8.4.1 Equação de Weibull para Função Manutibilidade

$$M(t) = 1 - e^{-(\mu_0 t)^\gamma} \quad (3.46).$$

3.8.4.2 Equação de Weibull para Função Não-manutibilidade

$$N(t) = e^{-(\mu_0.t)^\gamma} \quad (3.47).$$

3.8.4.3 Equação de Weibull para Função Densidade de Probabilidade de Recolocação em Serviço

$$g(t) = \gamma.\mu_0.t^{(\gamma-1)}.e^{-(\mu_0.t)^\gamma} \quad (3.48).$$

3.8.4.4 Equação de Weibull para Função Taxa Instantânea de Recolocação em Serviço

$$\mu(t) = \gamma.\mu_0.t^{(\gamma-1)} \quad (3.49).$$

3.9 Estimativas de Confiabilidade

Segundo Ribeiro (1995), as estimativas de vida útil de um componente ou de um equipamento podem ser feitas empregando-se dados obtidos de uma destas formas:

- a) pesquisa no banco de dados com os históricos de substituições e manutenções;
- b) realização de testes em condições normais de operação;
- c) realização de testes acelerados.

Os testes realizados em condições normais podem ser completos ou truncados. Testes truncados são aqueles que são encerrados antes que todas as peças tenham falhado, com o intuito de economizar tempo e dinheiro. O truncamento pode ser feito pela definição de um tempo de duração do teste (tipo I) ou pelo encerramento quando

um número determinado de componentes falharem (tipo II) ou ainda pela realização de amostragens em tempos aleatórios (tipo III). As amostras em boas condições obtidas em testes truncados são ditas censuradas.

Os testes acelerados permitem a obtenção de resultados rapidamente, reduzindo custos e economizando tempo. Podem ser realizados basicamente de duas formas : aumentando o tempo de uso contínuo do componente ou pela exposição deste a um determinado nível de sobrecarga. Estes testes somente tem validade se o modo de falha em condições aceleradas for exatamente o mesmo que ocorre em condições normais de trabalho. Há diversos tipos de testes acelerados, variando de acordo com a especificidade da situação.

3.9.1 Estimativas de Parâmetros da Distribuição de Weibull

A precisão na estimativa dos parâmetros depende do tamanho da amostra e do método utilizado para defini-los.

Um bom estimador deve ter as seguintes propriedades:

- a) Não tendencioso - o estimador não subestima nem superestima o real valor do parâmetro, após repetidas amostragens.
- b) Consistente - o estimador converge mais rapidamente para o real valor do parâmetro, quando o tamanho da amostra é aumentado.
- c) Eficiente - o estimador possui desvio padrão menor do que o de qualquer outro estimador para o mesmo parâmetro.
- d) Suficiente - o estimador utiliza toda a informação que a amostra possui.

Tomando-se a Distribuição de Weibull na sua forma biparamétrica :

$$f(t) = \frac{\beta \cdot (t)^{(\beta-1)}}{\eta^\beta} \cdot e^{-[t/\eta]^\beta} \quad (3.50).$$

Os parâmetros β (parâmetro de forma) e η (parâmetro de escala) podem ser estimados através da solução do sistema de equações que é apresentado a seguir, conforme Ribeiro (1995), sendo as equações oriundas do emprego do Método da Estimativa de Verossimilhança Máxima (*Maximum Likelihood Estimate - MLE*). O Método da Estimativa de Verossimilhança Máxima é largamente tratado na literatura sobre Confiabilidade e para mais detalhes pode-se consultar Ribeiro (1995) e Fritsch (1996), referências bibliográficas deste trabalho. Os resultados obtidos são válidos tanto para amostras completas quanto censuradas.

A seguinte notação é empregada nas equações:

t_i = intervalo de tempo, dado completo;

t_r = intervalo de tempo, dado censurado;

$\hat{\beta}$ = estimador do parâmetro β , parâmetro de forma;

$\hat{\eta}$ = estimador do parâmetro η , parâmetro de escala;

n = número total de amostras;

r = número de amostras completas;

$n - r$ = número de amostras censuradas;

\ln = logaritmo neperiano (natural).

Sistema de equações para definição dos estimadores para Função de Weibull:

$$\frac{(\sum_{i=1}^r (t_i)^{\hat{\beta}} \cdot \ln(t_i) + (n-r) \cdot t_r^{\hat{\beta}} \cdot \ln(t_r))}{(\sum_{i=1}^r (t_i)^{\hat{\beta}} + (n-r) \cdot t_r^{\hat{\beta}})} - \frac{1}{\hat{\beta}} - \frac{1}{r} \cdot \sum_{i=1}^r \ln(t_i) = 0 \quad (3.51)$$

e

$$\hat{\eta} = [(\sum_{i=1}^r (t_i)^{\hat{\beta}} + (n-r) \cdot t_r^{\hat{\beta}})]^{(1/\hat{\beta})} \quad (3.52).$$

O valor de $\hat{\beta}$ pode ser obtido resolvendo-se a equação 3.51 iterativamente por tentativa ou através da aplicação do método de Newton-Raphson. O resultado de $\hat{\beta}$ pode ser substituído na equação 3.52 para determinação de $\hat{\eta}$. Conforme Ribeiro (1995), o estimador $\hat{\eta}$ é tendencioso, necessitando de uma correção através de valores tabelados ou pela aplicação de uma fórmula por ele proposta:

$$\hat{\eta}_u = G_n \cdot \hat{\eta} \quad (3.53)$$

Onde:

$\hat{\eta}$ = estimador tendencioso do parâmetro de escala;

$\hat{\eta}_u$ = estimador não tendencioso do parâmetro de escala;

G_n = fator de correção.

Outra forma de determinação das estimativas dos parâmetros de Weibull é através do Método Gráfico, bastante empregado pela sua simplicidade, embora menos preciso que o analítico. Uma boa descrição do método pode ser encontrada em Santos (1996) ou em Monchy (1989), referências bibliográficas deste trabalho.

3.10 Confiabilidade de Sistemas

É possível considerar, para efeito de análise, uma fábrica de grande porte ou uma linha de produção como um sistema formado por um conjunto de componentes ligados entre si.

Dependendo da forma como os componentes estão interligados, podemos classificar os sistemas nos seguintes tipos:

- a) Sistemas em Série;
- b) Sistemas em Paralelo;
- c) Sistemas Mistos;
- d) Sistemas Complexos.

Adotar-se-á a suposição de que todos os componentes estão na fase da vida útil (fase II) para simplificação. Isto é, com tempos transcorridos até a falha sob a forma de uma função densidade de probabilidade exponencial negativa e a taxa de risco constante. O cálculo da probabilidade de sobrevivência do sistema leva em conta a sua configuração funcional.

3.10.1 Sistemas em Série

A falha de qualquer um dos componentes resulta na falha do sistema. Supondo que as falhas de um componente não são influenciadas pelas falhas de outro, ou seja, que as probabilidades de falha são estatisticamente independentes, então a probabilidade de sobrevivência do sistema (sua confiabilidade) $R(t)$, em um dado tempo t , é dada pelo produto das probabilidades de sobrevivência individuais dos componentes naquele momento, isto é:

$$R(t) = R_1(t).R_2(t).R_3(t).....R_n(t) \quad (3.54).$$

Uma vez que as probabilidades de sobrevivência são sempre inferiores a 100%, o valor de probabilidade de sobrevivência do sistema $R(t)$ é sempre menor que a probabilidade de sobrevivência de qualquer dos componentes isolados.

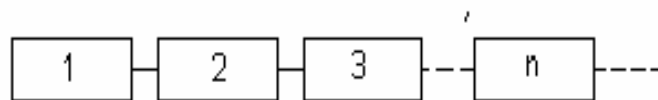


Figura 3.6 - Sistema com n componentes ligados em Série.

3.10.2 Sistemas em Paralelo

A falha do sistema só ocorre se todos os componentes falharem. Supondo que as falhas de um componente não são influenciadas pelas falhas de outro, ou seja, que as probabilidades de falha são estatisticamente independentes, então a probabilidade de falha do sistema (sua desconfiabilidade) $F(t)$, em um dado tempo t , é dada pelo produto das probabilidades de falha individuais dos componentes naquele momento, isto é:

$$F(t) = F_1(t).F_2(t).....F_n(t) \quad (3.55).$$

A confiabilidade do sistema é:

$$R(t) = 1 - F(t) \text{ (fórmula geral)} \quad (3.7).$$

Desdobrando a equação 3.7 obtém-se

$$R(t) = 1 - F_1(t).F_2(t).....F_n(t) \quad (3.56)$$

e, por último, escrevendo-se em função das confiabilidades individuais dos n componentes do sistema resulta

$$R(t) = 1 - (1 - R_1(t)).(1 - R_2(t))......(1 - R_n(t)) \quad (3.57).$$

Uma vez que as probabilidades de sobrevivência são sempre inferiores a 100%, a probabilidade de sobrevivência do sistema $R(t)$ é sempre maior que a probabilidade de sobrevivência de qualquer dos componentes. Este resultado confirma a experiência cotidiana, uma vez que é comum o uso de componentes redundantes em paralelo para melhorar a confiabilidade. Resulta daí a vantagem adicional de permitir a manutenção preventiva em cada componente isoladamente, sem prejuízo da disponibilidade.

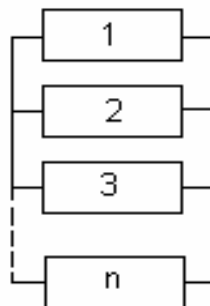


Figura 3.7 - Sistema com n componentes ligados em paralelo.

3.10.3 Sistemas Mistos

Muitos sistemas são constituídos de uma combinação de subsistemas em série e em paralelo. A confiabilidade desse sistemas pode ser calculada usando as fórmulas vistas anteriormente.

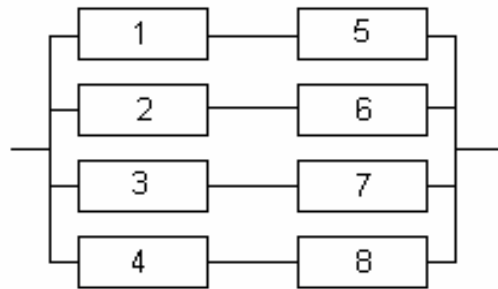


Figura 3.8 - Sistema Misto.

3.10.4 Sistemas Complexos

São sistemas onde os componentes não se encontram interligados em série ou em paralelo.

Existem diversos métodos para determinação da confiabilidade de Sistemas Complexos tais como: Método de Decomposição, Método Tie-set e Cut-set, Método da Tabela Booleana, etc. No entanto, por não serem corriqueiros nos problemas práticos da manutenção, não serão abordados neste trabalho. Havendo interesse em mais detalhes a respeito dos métodos, pode-se consultar Ribeiro (1995), referência bibliográfica deste trabalho.

O sistema representado a seguir na figura 3.9 é um exemplo de Sistema Complexo.

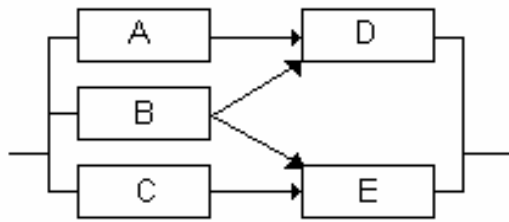


Figura 3.9 - Um exemplo de Sistema Complexo - Ribeiro (1995, pág.4.8).

CAPÍTULO 4 - A MANUTENÇÃO NA EFFEM DO BRASIL

4.1 A empresa Effem do Brasil Inc. & Cia.

A Effem do Brasil Inc. & Cia. é uma empresa multinacional americana de capital privado, subsidiária do Grupo Mars, pertencente à família do mesmo nome.

O Grupo Mars surgiu em 1921, quando Frank Mars e sua esposa Ethel começaram a fabricar e vender doces amanteigados caseiros na cidade de Tacoma, Washington (EUA). Este empreendimento conduziu-os à sua primeira fábrica de doces, a Mars Candy Factory.

No ano de 1932, Forrest Mars Senior, filho do casal, resolveu abrir seu próprio negócio, emigrando para o Reino Unido e levando com ele 5000 libras e a receita das barras de chocolate Mars. Seus negócios expandiram-se rapidamente, graças à qualidade dos chocolates produzidos e pelo seu preço competitivo. Três anos mais tarde, em 1935, Forrest Mars realizou o primeiro investimento na área de comida industrializada para animais de estimação, com a aquisição de uma pequena fábrica, a Chappel Brothers Ltd. Naquela época, o potencial deste mercado ainda não havia sido reconhecido.

A Segunda Guerra Mundial determinou prioridades na utilização dos recursos industriais e de matérias-primas. Foi nesta época (1942), que a Mars desenvolveu para as forças armadas americanas um novo tipo de arroz de rápido cozimento e de melhor resistência à armazenagem prolongada. Esta iniciativa culminou com a abertura da primeira planta de arroz parboilizado em Houston, Texas. Esta companhia passou a chamar-se mais tarde Uncle Bens Inc..

Nas décadas de 1950 e 1960 o Grupo Mars continuou a crescer, ampliando a sua atuação nos Estados Unidos com novas fábricas e expandindo-se para outros países da Europa, além de estabelecer-se no Canadá e na Austrália. Nas décadas de 1970 e 1980 foi a vez do Japão, de Hong Kong e do Brasil. Nos anos 90, novos mercados foram abertos, com a construção de unidades fabris na Rússia, na China, na Polônia, no México, na Argentina, na Tailândia e na África do Sul.

Hoje o Grupo Mars é um gigante com unidades em mais de 45 países, distribuídas por todos os continentes do planeta, que fatura anualmente aproximadamente quinze bilhões de dólares. São mais de 50 fábricas, além dos escritórios comerciais, operações de suporte logístico e centros de pesquisa.

A cultura Mars é muito forte e presente em todos os seus negócios nos mais distantes lugares. Esta cultura é bem representada por um conjunto de valores da organização denominados de “Os Cinco Princípios”, os quais são descritos no Manual de Integração (1997, pág. 5), desenvolvido pelo departamento de recursos humanos da empresa para treinamento dos novos associados:

“- Qualidade

O consumidor é o nosso patrão, a qualidade é a nossa função e o preço justo é o nosso objetivo.

- Responsabilidade

Como indivíduos, exigimos total responsabilidade de nós mesmos; como associados (empregados da empresa) , apoiamos as responsabilidades dos outros.

- Mutualidade

Um benefício mútuo é um benefício compartilhado; um benefício compartilhado persistirá.

- Eficiência

Aproveitamos todos os recursos, não desperdiçamos nada e fazemos apenas o que sabemos fazer melhor.

- Liberdade

Precisamos de liberdade para planejar o nosso futuro; precisamos de lucro para permanecermos livres.”

Também são características da cultura Mars: os escritórios são abertos sem salas privativas, os empregados são chamados de associados, há um plano único de benefícios para todos (não há privilégios), a remuneração é acima da média do mercado, os pagamentos são semanais, o marketing é direcionado para as marcas e não para o nome da empresa (Mars ou Effem).

A Mars possui marcas muito fortes e famosas e atua basicamente nos seguintes segmentos de mercado:

- a) Chocolates, confeitos e sorvetes : Snickers, Mars Bar, M&M's, Twix, Dove, Skittles, 3 Musketeers, Milky Way, ...
- b) Outros produtos para consumo humano : Arroz Uncle Bens, Ráris 7 Cereais, Molhos da linha Uncle Bens, Dolmio, Biscoitos de Arroz Rispinos, ...
- c) Alimentos balanceados secos e úmidos (enlatados) e *snacks* para animais de estimação (pássaros, gatos, cães e peixes) : Trill, Whiskas, Kite-Kat, Sheba, Frolic, Pedigree, Champ, Cesar, Waltham, Loyal, Biscrok, Aquarian ...
- d) Produtos acessórios para o cuidado de animais de estimação (*petcare*) comercializados com marca internacional Exelpet.
- e) Máquinas eletrônicas para venda automática.

No Brasil, o grupo Mars possui atualmente três unidades fabris localizadas nos estados do Rio Grande do Sul, São Paulo e Pernambuco, além de uma unidade de pesquisa sobre o cacau no estado da Bahia.

A unidade de Eldorado do Sul, localizada na grande Porto Alegre, é a mais antiga e é a matriz do grupo no Brasil. Foi nesta fábrica, pela aquisição de um engenho de arroz da antiga companhia Integral Arroz, que a história da Effem começou no Brasil em 1978. Após sucessivas expansões, a unidade tornou-se extremamente versátil, caracterizando-se por produzir uma enorme variedade de produtos de diversos segmentos de mercado.

Havia 7 plantas diferentes localizadas no complexo industrial de Eldorado do Sul, ao longo dos anos de 1995 até 1998, período em que foi desenvolvida esta pesquisa:

- a) Planta de Alimentos Balanceados Úmidos para Animais de Estimação;
- b) Planta de Alimentos Balanceados Secos para Animais de Estimação;
- c) Planta de Biscoitos para Cães;
- d) Planta de Alimentos para Pássaros;
- e) Linha de Produção de *Snacks* para Cães;
- f) Engenho de Arroz;
- g) Planta de Biscoitos de Arroz.

A demanda nacional de todos os produtos da Effem, com exceção de alguns artigos importados, era atendida exclusivamente pela produção do Rio Grande do Sul até 1996.

A unidade de Mogi Mirim, no estado de São Paulo, começou a ser construída em 1995, entrou em operação ao longo de 1996 e iniciou com a fabricação apenas de alimentos secos balanceados para animais de estimação. É a planta mais moderna tecnologicamente e também foi bastante ampliada nos últimos três anos. Nesta unidade existem hoje duas plantas que produzem alimentos balanceados secos e úmidos (enlatados) para animais de estimação e ainda uma terceira planta, separada das demais, onde são fabricados os molhos especiais para consumo humano da marca Uncle Bens.

As unidades de Eldorado do Sul e Mogi Mirim constituíam a Effem Produtos Alimentícios Inc.& Cia..

A unidade de Abreu Lima, município da grande Recife, entrou em operação em 1994, dedicada a fabricação de chocolates e confeitos. Inicialmente era uma unidade administrativamente independente da Effem, com o nome de Mars Chocolates e Confeitos. Recentemente, em 1998, houve a fusão de todos os negócios do grupo no país e foi criada a Effem do Brasil Inc. & Cia.. Investimentos têm sido realizados para aumentar a sua capacidade de produção, bem como para permitir a fabricação de novos produtos aqui desenvolvidos e as marcas que são sucesso internacionalmente.

O mercado promissor justificou os investimentos realizados pelo grupo no país, tanto no bilionário e disputadíssimo segmento de chocolates e confeitos, onde a empresa possui atualmente uma participação pequena, quanto no segmento de *pet food*, alimento industrializado para animais de estimação, onde detém a liderança. Segundo a revista SuperHiper, publicação da Associação Brasileira de Supermercados (ABRAS), na edição de abril de 1999, o mercado de alimentos industrializados para animais de estimação cresceu 57% nos últimos três anos, passando a movimentar US\$ 800 milhões com a venda de 750 mil toneladas em 1998. O potencial deste mercado está avaliado em 2,7 milhões de toneladas por ano, considerando-se a população estimada no país de 20 milhões de cães e 10 milhões de gatos de estimação.

4.2 O cenário inicial do setor de manutenção na Unidade de Eldorado do Sul

A concentração da produção na unidade de Eldorado do Sul, durante os anos de 1995, 1996 e 1997, tornava a disponibilidade dos equipamentos vital para o atendimento da demanda do mercado e cumprimento do plano de vendas. As máquinas praticamente não podiam parar. Era necessário que as manutenções corretivas fossem minimizadas. Foi basicamente neste período, pela própria pressão por volumes de produção, que as técnicas abordadas neste trabalho foram implantadas.

Ao longo do tempo, houve variações nos volumes de produção em Eldorado do Sul, motivadas basicamente pelos seguintes fatores:

- a) os anos de 1995, 1996 e 1997 foram de grande expansão do mercado brasileiro de alimento balanceado para animais de estimação, exigindo a utilização da capacidade máxima instalada;
- b) no final do ano de 1997 e durante o ano de 1998, instabilidades na economia e a recessão no país prejudicaram o desempenho do negócio, que continuou crescendo, mas não no mesmo ritmo dos anos anteriores;
- c) a entrada em operação da nova unidade do grupo em Mogi Mirim a partir de 1996 e também de uma unidade na Argentina (co-irmã) em 1997 provocaram localmente reduções nos volumes de produção.

Na maior parte do tempo, todas as plantas produziam durante as 24 horas do dia, algumas delas 5 dias e outras ininterruptamente durante os 7 dias da semana. Era muito comum também a operação em feriados ao longo do ano, em regime de horas extras, sempre que a demanda do mercado assim exigia. A unidade de Eldorado do Sul trabalhava muito próximo do limite da sua capacidade instalada, dentro de uma filosofia de maximização do emprego dos seus ativos fixos.

A cada 28 dias ocorria uma parada geral de toda a unidade durante um final de semana. Este evento coincidia com o encerramento de um período de apuração de resultados, uma vez que a empresa utiliza no mundo inteiro um calendário interno próprio, dividindo o ano em 13 períodos de 4 semanas (ciclos de 28 dias). Esta parada da produção permitia ajustar as folgas legais trabalhistas das equipes de operação, encerrar o faturamento das vendas realizadas, expedir os últimos pedidos daquele período de resultados, fazer a contagem do inventário e realizar manutenções.

4.2.1 Os problemas encontrados no setor de manutenção

O Setor de Manutenção da unidade de Eldorado do Sul oferecia oportunidades para melhoramentos, especialmente na sua gestão e organização. Os primeiros quarenta e cinco dias, do princípio de maio de 1995 até próximo ao final do mês de junho, foram basicamente de observação. Procurou-se compreender a estruturação do setor de manutenção, verificar em profundidade as rotinas e controles existentes, conhecer as pessoas e avaliar os recursos materiais disponíveis. Foi muito importante ouvir as necessidades e as queixas dos clientes internos. Os principais problemas observados serão apresentados a seguir.

4.2.1.1 Ausência de liderança nas equipes de turno

As equipes operacionais das plantas trabalhavam em regime de turnos de revezamento. A equipe de manutenção que acompanhava os turnos de produção era dividida em equipes menores, com profissionais dedicados preferencialmente ao atendimento das ocorrências de determinadas plantas. A diversidade de processos, exigindo conhecimentos técnicos muito específicos dos equipamentos, e a necessidade de intervenções muito rápidas, justificavam a escolha desta estratégia de trabalho.

Havia supervisores de produção responsáveis por uma ou até duas plantas que trabalhavam nestes turnos, mas não havia ninguém que centralizasse o comando da equipe de manutenção. Os supervisores de produção não gerenciavam os profissionais de manutenção de forma direta, mas apenas lhes chamavam para atender os problemas que surgiam ao longo da operação. As chefias do setor de manutenção, ou seja, o engenheiro de manutenção, os dois supervisores e os dois encarregados trabalhavam todos em horário administrativo (diurno). Conseqüentemente, nos horários noturnos e nos finais de semana, a equipe de manutenção ficava acéfala. A figura 4.1 mostra como era o organograma do setor de manutenção naquela época.

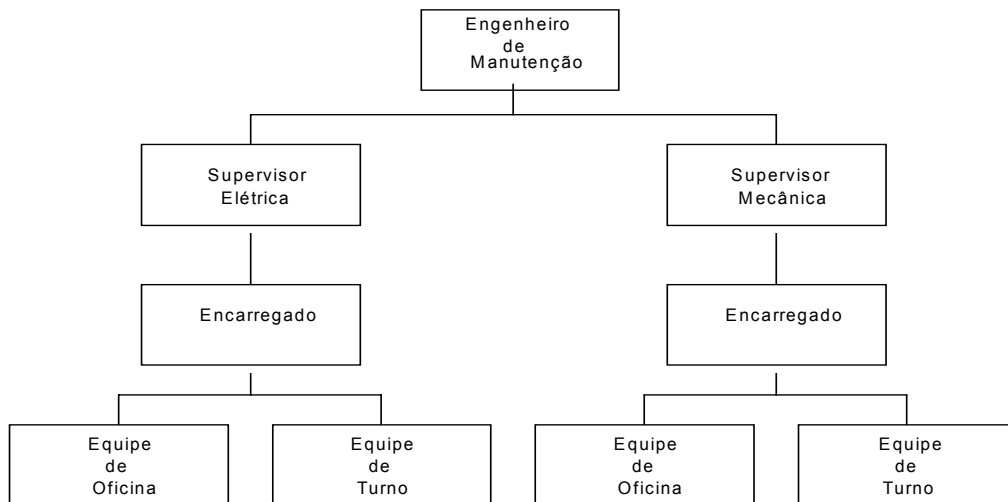


Figura 4.1 - Organograma do Setor de Manutenção - Fase Inicial.

Na ausência de um comando da manutenção no período noturno, que abrangia metade do turno da tarde e todo o turno da madrugada, assim como também nos finais de semana, a atuação da equipe nestes horários restringia-se a consertar os equipamentos de produção que apresentassem problemas. As equipes de manutenção dos turnos eram denominadas “plantões” por que atendiam basicamente emergências e realizavam algumas tarefas rotineiras. As soluções dadas para os problemas nestes horários eram muitas vezes paliativas e a análise das causas das falhas muito pobres, em função da pressão do supervisor da planta para que a produção fosse retomada rapidamente.

A cultura existente era de que os trabalhos mais elaborados eram feitos na parada geral de final de período ou durante o dia, quando havia o reforço da equipe de oficina, mais recursos disponíveis e a presença das chefias.

Havendo alguma ocorrência de manutenção de maior gravidade ou complexidade em uma das plantas fora do horário administrativo, o supervisor de produção responsável usualmente chamava um dos supervisores de manutenção ou o engenheiro de manutenção em casa. A chegada de uma chefia do setor de manutenção à fábrica agilizava a solução do problema, pois os profissionais eram movimentados imediatamente das outras plantas para auxiliar e os recursos necessários internos ou externos eram mobilizados rapidamente. Este fato repetia-se com muita frequência.

4.2.1.2 Falta de documentação dos serviços de manutenção

As solicitações de trabalhos feitas ao setor de manutenção eram verbais ou através de listas de pendências. As instruções passadas pelas chefias da manutenção para a equipe também eram puramente verbais. Assim, na ausência de registros, não existia histórico dos equipamentos, era difícil controlar a duração das intervenções de manutenção, muitas vezes era necessária uma investigação para identificar o solicitante ou o executante de uma determinada tarefa, não se documentavam as causas dos problemas ocorridos e as soluções adotadas. A anotação do que acontecia de relevante nos turnos era realizada nos livros de ocorrências, mas de forma incompleta.

4.2.1.3 Planejamento deficiente dos trabalhos de manutenção

Em razão da documentação não ser organizada, a priorização das atividades era difícil e o planejamento ineficiente. Os supervisores e encarregados de manutenção alocavam os recursos necessários para as tarefas que iam surgindo de uma forma não estruturada e sempre em cima das necessidades do momento. Estes profissionais possuíam muita experiência e um perfil forte de executores, mas precisavam ser desenvolvidos em habilidades de gestão.

Os supervisores tinham a cultura de comprar ou requisitar do almoxarifado os materiais necessários para execução dos trabalhos sempre com uma folga nas quantidades e empregavam mão-de-obra extra de terceiros a todo momento. O mais importante era realizar o que foi solicitado pela produção o mais rápido possível e a avaliação dos custos envolvidos era secundária.

4.2.1.4 Falta de um *software* para gerenciar os dados de manutenção

Um sistema informatizado de apoio à gestão do setor de manutenção havia sido adquirido pela empresa, mas este programa não estava sendo utilizado.

4.2.1.5 Ausência de indicadores de desempenho da manutenção

Não existiam indicadores próprios do setor de manutenção, ou seja, índices que trouxessem informações específicas voltadas para auxiliar e melhorar o seu gerenciamento.

4.2.1.6 Inexistência de uma estratégia de Manutenção Preventiva

Não havia um plano organizado e documentado de Manutenção Preventiva, apesar do tamanho e da complexidade da unidade fabril de Eldorado do Sul:

- a) aproximadamente 2500 equipamentos de produção instalados (7 plantas);
- b) tubulações de ar comprimido, água, vapor, gás GLP, amônia e efluentes;
- c) instalações de utilidades (duas caldeiras de geração de vapor de grande capacidade, compressores de ar, duas centrais de ar condicionado de porte, câmara-fria, instalações de incêndio, subestação de força, estação de tratamento de efluentes, tanques de água, tanques de GLP, ...);
- d) redes elétricas, redes de telefonia e de transmissão de dados;
- e) instrumentação de processo (sensores, medidores e controladores de fluxo, de temperatura, de massa, de nível, de posição, ...).

O índice médio de paradas da produção na Planta de Alimentos Balanceados Secos para Animais de Estimação, a maior do complexo fabril, devido a manutenções corretivas, era de 3,8 % (tempo parado por quebra de equipamento em relação ao tempo disponível para produção), considerando o intervalo de dezembro de 1993 a setembro de 1995. Este índice era medido pelo setor de engenharia industrial especificamente nesta planta, em função da sua grande importância para o negócio. A determinação era feita a partir dos registros do livro de produção, computando-se os problemas que paravam as máquinas gargalo. Nem todos os períodos foram apurados, mas esta informação é a melhor de que se dispõe para caracterizar a situação inicial.

Tabela 4.1 – Índice de paradas por problemas de manutenção

Período	12/1993 a 09/1995
Valor Médio	3,8 %
Desvio Padrão	2,7 %
Valor Máximo	9,6 %
Valor Mínimo	1,7 %
Tamanho da Amostra	15

As quebras durante a produção oscilavam de um período para outro, caracterizando uma situação onde não há controle, tipicamente pela falta de um Plano de Manutenção Preventiva. No índice acima não está computada a parada programada que ocorria a cada final de período.

Existiam alguns *check-lists* de inspeção que eram realizados diariamente em determinados equipamentos mais críticos e na instrumentação de controle de processo. Embora esta fosse uma boa iniciativa, era insuficiente frente a complexidade do problema que precisava ser enfrentado.

4.2.1.7 Pouca funcionalidade da oficina central

O *lay-out* da oficina central dificultava a conservação do ambiente bem organizado, pois não havia separação física dentro da área chamada de “manutenção geral” para as diversas especialidades. Ocorriam interferências entre as atividades, especialmente em função dos trabalhos com o torno na usinagem de peças, com lixadeiras e com máquinas de solda, os quais oferecem risco para quem está nas proximidades. Era difícil manter a limpeza do local.



Figura 4.2 – Lay-out inicial da oficina central e anexos localizados em outros prédios.

Conforme se pode observar na figura 4.2, não existia uma sala na área da oficina onde pudessem trabalhar e reunir-se o engenheiro de manutenção, os supervisores e os encarregados para realização do planejamento das atividades. A mesa de trabalho do engenheiro de manutenção ficava no prédio do escritório central, distante da oficina.

4.2.1.8 Controle de estoques deficiente

As compras de materiais de manutenção de itens que não pertenciam ao estoque do almoxarifado não ficavam vinculadas a um trabalho programado, através de algum sistema de controle. Isto gerava dificuldades para se saber para que atividade foi feita a compra daquele material quando ocorria a entrega. Muitas vezes os materiais eram empregados em outra tarefa diferente daquela que motivou a sua compra, a qual permanecia pendente. Em outras oportunidades, o material chegava, mas não era utilizado, pois a tarefa já havia sido realizada com outros recursos. Em função disto e de haver uma cultura de comprar uma quantidade maior que a necessária por segurança, cresciam os “estoques paralelos” em armários e gavetas.

As retiradas dos materiais de manutenção do estoque do almoxarifado eram controladas através de uma requisição padrão que precisava da aprovação de uma pessoa autorizada : um gerente, um supervisor ou encarregado. As chefias do setor de manutenção ao aprovarem uma requisição sabiam em que atividade seriam empregados os materiais requisitados. Fora do horário administrativo, no entanto, as requisições eram aprovadas pelo supervisor de produção que as avaliava pela sua experiência, usando bom senso e com base na confiança depositada no requisitante.

Finalmente, o horário da equipe do almoxarifado não cobria as 24 horas do dia. Nos horários em que não havia almoxarife na fábrica, durante a madrugada e nos finais de semana, havendo necessidade, a chave do almoxarifado era entregue na portaria pelo vigilante para a pessoa que precisava do material, mediante registro e assinatura no livro de ocorrências, e esta dirigia-se ao almoxarifado para buscá-lo. Muitas vezes nestes casos as requisições não eram preenchidas, seja por pressa ou por indisciplina, e havia condições para ocorrência de desvios. Esta situação contribuía para a existência de diferenças entre o estoque físico e o contábil.

Estes problemas no controle do uso dos materiais de manutenção também tinham impacto nos custos de cada planta pelas distorções geradas devido aos erros na alocação das despesas.

4.3 Diagnóstico condensado dos problemas no setor de manutenção

Em resumo, o estudo do setor de manutenção da unidade de Eldorado do Sul da empresa Effem revelou os seguintes problemas principais:

1. Ausência de chefia e liderança nas equipes de turno
2. Falta de documentação dos serviços de manutenção
3. Planejamento deficiente dos trabalhos de manutenção
4. Falta de um software para gerenciar os dados de manutenção
5. Ausência de indicadores de desempenho
6. Inexistência de uma estratégia de Manutenção Preventiva
7. Pouca funcionalidade da oficina central
8. Controle de estoques deficiente

CAPÍTULO 5 – AS MUDANÇAS NA MANUTENÇÃO

5.1 As modificações introduzidas no Setor de Manutenção

As mudanças implantadas no setor de manutenção da Unidade Eldorado do Sul da Effem objetivaram resolver os problemas existentes, conforme o diagnóstico apresentado no capítulo anterior. Foram buscadas soluções através de *benchmarking* de outras empresas, pesquisa bibliográfica, cursos específicos e o aproveitamento da experiência e das idéias da própria equipe de manutenção e dos clientes internos. Desta forma, o sistema de gestão da manutenção da empresa foi construído aos poucos, em conseqüência da pesquisa nas diversas fontes citadas e da experimentação.

As visitas a empresas e a outras unidades do grupo Mars foram úteis pelos resultados práticos obtidos: foram vistos exemplos de documentos empregados para gerenciar o trabalho, conhecidos os indicadores de desempenho utilizados, tipos de relatórios, verificados diferentes Planos de Manutenção Preventiva, foi possível observar *softwares* de gerenciamento implantados e em pleno uso. A troca de informações sobre experiências bem sucedidas, tentativas fracassadas e dificuldades encontradas foi muito enriquecedora.

As modificações julgadas necessárias para melhorar a performance do setor eram discutidas previamente com os supervisores e encarregados e posteriormente apresentadas para toda a equipe de manutenção em diversas reuniões. Estas reuniões normalmente tinham a duração de uma hora e meia, eram realizadas com as equipes em todos os turnos e tinham como meta garantir que as mensagens chegassem a todos diretamente e da mesma forma. A comunicação era de duas vias, pois a participação ativa das pessoas opinando e sugerindo era incentivada. Buscava-se também obter o comprometimento do grande grupo.

As medidas adotadas e os resultados obtidos, tanto os positivos como os negativos, são apresentados na seqüência.

5.1.1 A criação dos encarregados de turno e o fortalecimento da manutenção

A primeira medida tomada em agosto de 1995 foi a criação do cargo de “encarregado de manutenção de turno”, profissional responsável por toda a equipe de manutenção no seu turno de trabalho. As quatro vagas surgidas foram ocupadas pelos dois encarregados que já faziam parte da equipe e que deixaram de trabalhar no horário administrativo, aos quais uniram-se dois colegas promovidos pelo seu bom desempenho e perfil de liderança.

Os novos encarregados receberam autonomia total para atuar no seu turno com respaldo do engenheiro de manutenção, especialmente fora do horário administrativo. Este apoio foi fundamental para que eles ocupassem a posição de fato, tomando decisões sozinhos, assumindo riscos e responsabilidades, envolvendo as chefias quando necessário.

Os encarregados de turno respondiam na estrutura hierárquica a ambos os supervisores de manutenção (elétrica e mecânica) e esta dupla subordinação criou algumas dificuldades até ser plenamente assimilada e compreendida por todos. Foi necessário educar os supervisores para não interferirem diretamente nas equipes dos encarregados e sim passarem para eles as tarefas que deveriam coordenar com seus times. Os supervisores de manutenção elétrica e mecânica permaneceram cada um com uma equipe de oficina, que trabalhava em horário administrativo, a eles subordinada diretamente.

As equipes de turno eram formadas por profissionais com grande experiência na manutenção dos equipamentos das plantas onde atuavam preferencialmente. Cada uma das 4 equipes de turno era formada por 3 mecânicos generalistas, 2 mecânicos de ajustagem fina de máquinas, 3 eletricitas e 1 técnico em eletrônica. Este time básico era distribuído pelas 7 plantas, havendo responsabilidades bem definidas quanto às áreas de ação, mas o pessoal deslocava-se para auxiliar os colegas quando necessário.

As equipes de oficina atuavam no horário administrativo (diurno) e eram formadas por profissionais especialistas em alguma função bem específica. Na equipe mecânica havia:

- a) 1 torneiro mecânico responsável pela operação dos equipamentos de usinagem e fresadora para fabricação e recuperação de peças;
- b) 1 mecânico de utilidades responsável pela manutenção das instalações de vapor, água, gás, refrigeração, combate a incêndio, além de exímio soldador;
- c) 2 lubrificadores responsáveis pela lubrificação de todos os equipamentos da unidade de Eldorado do Sul;
- d) 2 funileiros que fabricavam peças recortando e soldando chapas metálicas.

A equipe elétrica era composta como segue:

- a) 1 mecânico especialista em ajuste fino de máquinas sofisticadas, envolvendo conhecimentos de pneumática e automação industrial;
- b) 1 instrumentista responsável pela calibração dos diversos instrumentos de controle da planta;
- c) 2 eletricitas responsáveis pela manutenção e conservação das instalações elétricas e equipamentos não ligados diretamente com a produção;
- d) 1 eletricitista técnico em telefonia e comunicações.

Dentro deste grupo fixo da manutenção, 68% das pessoas eram empregados da empresa. As equipes eram reforçadas com mais profissionais terceirizados em períodos de aumento na demanda de serviços.

As necessidades de treinamento dos encarregados para a nova função foram avaliadas de maneira a ser elaborado um plano de treinamento específico para cada um. A ênfase foi dada para o desenvolvimento das habilidades de liderança de equipes, mas também foram programados treinamentos técnicos, tendo em vista que dois deles possuíam experiência somente na área elétrica e os outros dois na área mecânica.

Os principais benefícios obtidos com o trabalho dos encarregados nos turnos foram:

- a) A equipe de manutenção passou a ter um comando centralizado em tempo integral, dando mais segurança e tranquilidade aos supervisores de produção das plantas.
- b) Acabou o conceito reativo e cômodo de que a equipe que trabalha à noite e nos finais de semana fazia um plantão. As equipes dos turnos, em qualquer horário que estivessem atuando, passaram a realizar diversas tarefas distribuídas e acompanhadas pelos encarregados, não se limitando ao atendimento das emergências da produção.
- c) Baseado nos registros dos livros de ocorrências, é possível estimar com segurança que houve um ganho de produtividade da ordem de 35 %.
- d) Os supervisores de manutenção elétrica e mecânica passaram a dedicar mais tempo para o planejamento das atividades, ao invés de estarem eles próprios também envolvidos na execução.
- e) O aumento de produtividade permitiu que os encarregados recém promovidos, escolhidos dentro da própria equipe, não precisassem ser substituídos, mantendo-se o mesmo quadro de pessoal. Desta forma a mudança não gerou impacto significativo sobre a folha de pagamento.

- f) Os encarregados puderam acompanhar as atividades, melhorando a qualidade dos trabalhos realizados, aumentando a velocidade de execução das tarefas e deixando registros melhores.
- g) As equipes de cada turno foram se consolidando como um time de verdade, liderado pelo encarregado.
- h) Houve uma redução de 6,7 % das horas extras, em função dos ganhos de produtividade, que se manteve neste patamar ao longo do tempo.

A redução nas horas extras somente não foi maior por que uma quantidade expressiva dos trabalhos de manutenção só podiam ser realizados quando a produção parava. Reduções mais significativas nas horas-extras só foram obtidas a partir de 1998, quando a Unidade Eldorado do Sul passou a ter capacidade ociosa e foi possível parar as máquinas de forma planejada durante o horário normal de produção para realização de manutenção.

5.1.2 A implantação da Requisição de Serviço de Manutenção

Era preciso documentar as solicitações feitas ao setor de manutenção, bem como o trabalho realizado e para isto foi implantado, com algumas melhorias, um formulário que já existia no passado, mas que não era utilizado na prática, a Requisição de Serviço de Manutenção (RSM). A sua implantação contou com o apoio dos gerentes de produção e levou aproximadamente três meses até a completa aceitação por todos. A partir de novembro de 1995 toda solicitação dirigida à manutenção passou a ser realizada através deste documento numerado, permitindo que se pudesse fazer um gerenciamento mais efetivo do setor.

O requisitante devia preencher os seguintes campos de informações da RSM:

- a) local, setor e identificação do equipamento para permitir sua localização;
- b) a prioridade da solicitação;
- c) data e horário da solicitação;
- d) horário em que a área ou o equipamento estará disponível para o trabalho da equipe de manutenção;
- e) data na qual deseja-se que o serviço esteja concluído, a qual deve ser coerente com a prioridade escolhida;
- f) nome do requisitante e ramal telefônico para contato;
- g) descrição do problema;
- h) aprovação do supervisor ou gerente.

A escolha da prioridade aliada à data desejada para entrega do serviço permitiam que se estabelecesse uma programação dos trabalhos de manutenção. Os níveis de prioridade definidos são os que seguem:

- P0 – Pequenos Ajustes – são problemas pequenos e de solução imediata, normalmente regulagens de máquina ou substituição de peças de fácil acesso. O registro destes eventos, embora possa parecer burocracia, é importante, pois permite identificar problemas que se repetem com frequência e pontos fracos das máquinas, os quais podem ser eliminados através de melhorias.
- P1 – Emergências – situações onde ocorreu uma interrupção da produção por quebra do equipamento ou quando existe algum risco à segurança das pessoas. O atendimento destes eventos deve ser imediato.

- P2 – Urgências - situações onde é necessário intervir, pois observa-se um defeito que com certeza evoluirá e causará uma parada de produção em breve, se nada for feito a respeito. Existe tempo para planejar a parada e com isto minimizar as perdas. O prazo de atendimento nestes casos depende da gravidade do problema e do acordo entre o setor de manutenção e o setor de produção, mas para orientação considera-se de 1 a 5 dias.
- P3 e P4 – Trabalhos Programados – são intervenções de Manutenção Preventiva que não oferecem riscos ao processo produtivo, desde que realizadas dentro do prazo programado, trabalhos de melhorias ou de conservação (pintura, manutenção de prédios, benfeitorias e pátios). As atividades classificadas como P3 pelo requisitante têm prioridade maior e devem ser atendidas num prazo de 5 a 15 dias, enquanto que as P4 podem ser atendidas num prazo de 7 até 45 dias.

As informações constantes na RSM que deviam ser preenchidas pelo profissional de manutenção que atende a solicitação eram:

- a) descrição do defeito encontrado;
- b) descrição da solução adotada para o problema, ou seja, o que foi feito;
- c) lista dos materiais utilizados no trabalho;
- d) nome das pessoas que atuaram naquela requisição e o tempo que elas levaram para execução do serviço, registrando os dias e as horas trabalhadas.

A implantação da RSM gerou a necessidade da criação do setor de planejamento dentro da manutenção para programar as diversas solicitações que eram feitas diariamente. A tabela 5.1 mostra dados dos anos de 1997 e 1998 do número de RSM's emitidas por período nas diversas plantas e a média diária (períodos de 28 dias).

Tabela 5.1 – RSM's emitidas por plantas

Ano	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	98	98	98	98
Período	05	06	07	08	09	10	11	12	13	01	02	03	04	
Dry Pet Food	1001	1267	1231	1136	967	965	1254	1044	1142	1194	1121	998	941	
Biscrok	86	84	125	98	91	70	123	128	151	60	107	82	74	
Rice Cake	86	84	104	78	110	70	164	92	129	159	89	25	22	
Engenho	155	232	188	196	219	158	226	172	239	249	193	182	377	
Enlatados	293	338	355	352	292	263	185	128	172	139	89	80	88	
Trill	35	63	42	59	37	53	41	18	43	60	36	38	40	
Outros	70	43	42	39	109	176	62	250	279	129	145	210	48	
Total	1726	2111	2087	1958	1825	1755	2055	1832	2155	1990	1780	1615	1590	
Média Diária	62	75	74	70	65	63	73	65	77	71	64	58	57	

A tabela 5.2 mostra em valores médios o percentual de RSM's geradas em cada planta, dando uma boa idéia de como era distribuído o trabalho e os recursos da manutenção.

Tabela 5.2 – % RSM's emitidas por plantas – valor médio histórico

Dry Pet Food	57 %
Biscrok	5 %
Rice Cake	4 %
Engenho	15 %
Enlatados	7 %
Trill	2 %
Outros	10 %
Total	100 %

A explicação das legendas nas tabelas 5.1 e 5.2 é a seguinte:

- Dry Pet Food - Planta de Alimentos Balanceados Secos para Animais de Estimação (cães e gatos)
- Biscrok - Planta de Biscoitos para Cães
- Rice Cake - Planta de Biscoitos de Arroz
- Engenho - Engenho de Arroz
- Enlatados - Planta de Alimentos Balanceados Úmidos para Animais de Estimação (cães e gatos)
- Trill - Planta de Alimentos para Pássaros

A RSM é um documento em duas vias, permanecendo uma com o requisitante para seu controle e a segunda é entregue ao setor de manutenção. Nos casos em que a ação requerida era imediata (P0 e P1), então a tarefa era executada e posteriormente a RSM com todas as informações era entregue ao planejamento da manutenção para registro. Nas demais situações (P2, P3 e P4), a RSM era encaminhada primeiro ao planejamento da manutenção para ser programada, ou seja, para serem providenciados os recursos necessários e agendada a melhor oportunidade para realização da atividade. A RSM programada recebia um carimbo do setor de planejamento e era entregue ao profissional alocado para sua execução, que ao completar o trabalho a devolvia totalmente preenchida. A RSM era ao mesmo tempo uma “requisição de serviço” e uma “ordem de serviço”.

Os principais benefícios obtidos com a implantação da RSM foram:

- a) Todo o trabalho solicitado ficou registrado e com prazo definido para sua realização, evitando-se esquecimentos, indefinições e mal entendidos.
- b) Os clientes internos passaram a poder acompanhar, controlar e influir na programação dos trabalhos de seu interesse.
- c) Reduziram drasticamente reclamações por trabalhos não realizados.

- d) Começou-se a levantar os dados para criação do histórico dos equipamentos.
- e) Foi possível melhorar a análise das causas dos problemas.
- f) Foi possível determinar o tempo da parada do equipamento até a chamada do profissional de manutenção, a duração da intervenção de manutenção e o tempo para retomada da produção pela equipe de operação. Isto permitiu identificar e combater ineficiências.
- g) Foi possível registrar os materiais usados em cada atividade.
- h) Foi possível alocar de forma muito precisa os custos relativos aos recursos de manutenção empregados nos trabalhos nos diversos centros de custo produtivos, segundo a utilização real e não através de critérios de rateio.
- i) Foi possível avaliar as necessidades de pessoal do setor de manutenção, através das anotações das horas trabalhadas nas RSM's, e desta forma ajustar a equipe às variações de demanda, com o emprego racional e planejado de mão-de-obra terceirizada.

Um exemplo de RSM pode ser visto no anexo 2.

5.1.3 A criação do setor de planejamento da manutenção

O setor de planejamento foi criado em janeiro de 1996 para melhorar a organização do setor de manutenção e, em consequência, o seu desempenho. A sua posição no organograma era de órgão de *staff* do engenheiro de manutenção, que havia sido promovido a gerente recentemente.

O setor de planejamento teria basicamente as seguintes atribuições:

- a) implantar e utilizar o *software* Sistema de Gerenciamento da Manutenção (SGM) que existia na empresa, mas não era usado;
- b) fazer a programação das RSM's, assessorando os supervisores de manutenção;
- c) desenvolver e operacionalizar o Plano de Manutenção Preventiva;
- d) gerar os relatórios gerenciais com os indicadores de desempenho para medir o trabalho da manutenção;
- e) fazer o controle de custos.

O novo organograma do setor de manutenção aparece na figura 5.1 e nele já está incluída a equipe montada para operacionalizar o Plano de Manutenção Preventiva.

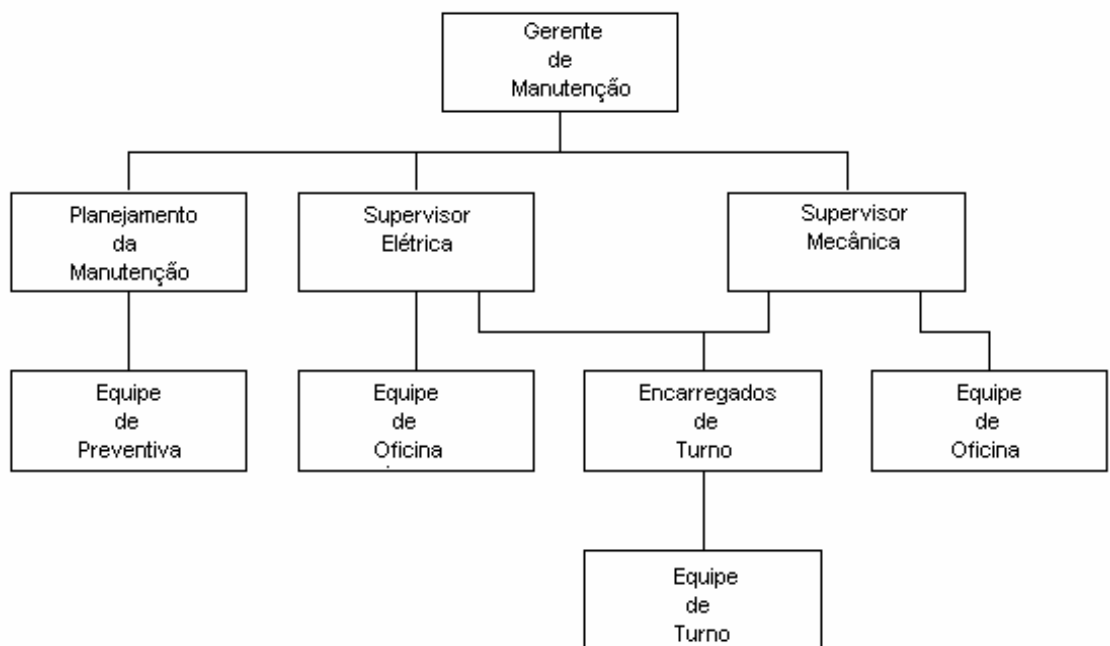


Figura 5.1 - Organograma do setor de manutenção na fase intermediária.

A organização apresentada na figura 5.1 foi mantida durante aproximadamente 10 meses e foi então alterada para a sua forma final. A nova mudança deu-se em virtude dos seguintes problemas observados ao longo do tempo:

- a) Havia uma certa confusão de papéis e responsabilidades entre os supervisores e o setor de planejamento.
- b) Os supervisores sentiram-se incomodados e foram um pouco resistentes à mudança no princípio, em função da independência do setor de planejamento, que era *staff* ligado direto à gerência de manutenção;
- c) Os supervisores não tinham uma cultura de computação e sentiram-se ameaçados na medida em que os controles foram sendo informatizados;
- d) A distância física que separava a supervisão dos planejadores atrapalhava a comunicação e a integração, pois a sala destinada ao setor de planejamento foi montada numa área que ficou disponível fora da oficina central, embora muito próxima, no prédio ao lado;
- e) A montagem da nova equipe para execução da Manutenção Preventiva, que ficou subordinada ao setor de planejamento, tomou 3 dos melhores profissionais, que passaram a executar tarefas de inspeção e análise de falhas, cujo valor não era bem compreendido no início desta nova atividade, até começarem a aparecer os resultados;
- f) Os planejadores eram profissionais com uma formação técnica muito boa e pouca idade, enquanto os supervisores possuíam muita experiência prática e pouca formação teórica.

A alteração realizada repartiu as responsabilidades de forma clara, deixando para os supervisores a programação das atividades do dia a dia (atendimento das RSM's), assessorados cada um por um programador a eles subordinado, enquanto que as atividades de Engenharia de Manutenção ficaram com o setor de planejamento. O setor de planejamento ficou responsável pelas medições de performance, divulgando os indicadores e relatórios, pelo controle de custos e pelo gerenciamento da Manutenção Preventiva.

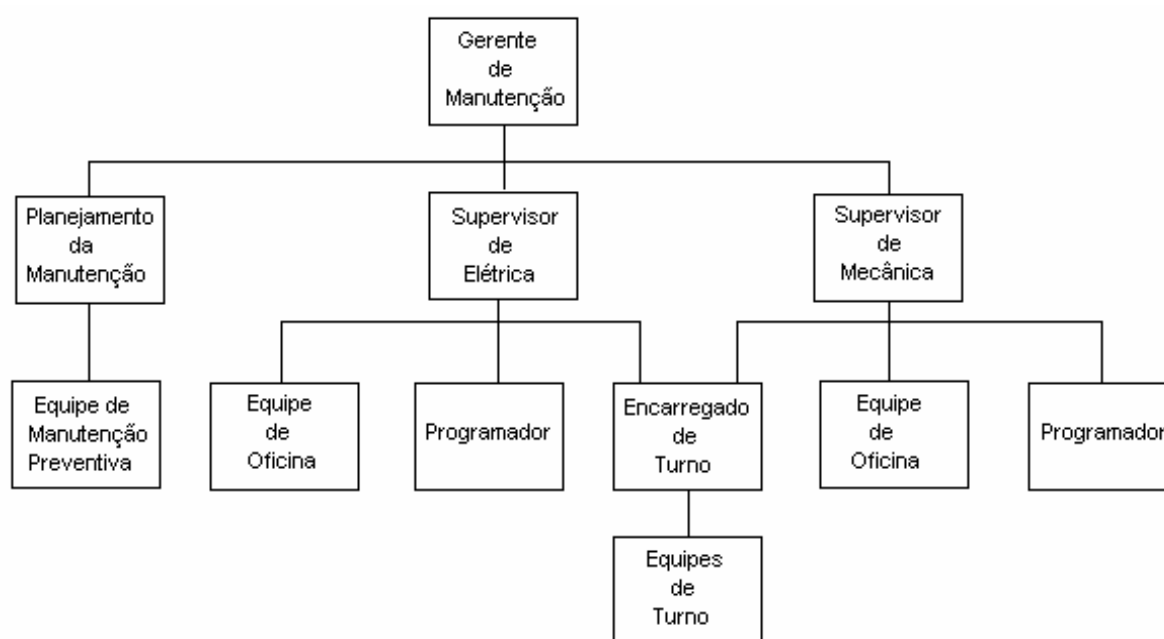


Figura 5.2 - Organograma final do setor de manutenção.

Estes primeiros 10 meses de trabalho do setor de planejamento, apesar dos problemas apresentados e discutidos anteriormente, foram muito produtivos. Foi neste período, a partir de fevereiro de 1996, que foi implantado o *software* SGM e desenvolvido o Plano de Manutenção Preventiva na Effem.

5.1.4 A implantação do Sistema de Gerenciamento da Manutenção (SGM)

O SGM era um *software* que havia sido comprado pela empresa em 1994, mas não estava sendo usado. Possuía diversas limitações quando comparado com outros pacotes disponíveis no mercado: era mono-usuário, não era flexível, não era compatível com o *Microsoft Windows* e a sua interface com o usuário não era amigável. Possuía, no entanto, todos os recursos básicos necessários para um gerenciamento profissional da manutenção:

- a) Cadastro de Equipamentos;
- b) Cadastro de Fornecedores;
- c) Histórico de Máquinas;
- d) Registro de Requisições de Serviço;
- e) Emissão de Ordens de Serviço;
- f) Cadastro de Procedimentos de Manutenção;
- g) Controle de mão-de-obra;
- h) Controle de custos;
- i) Gerenciador da Manutenção Preventiva;
- j) Relatórios Gerenciais.

A partir da implantação do SGM o setor de manutenção passou a ter as informações necessárias e os relatórios básicos para sua administração. As decisões ganharam em efetividade, uma vez que passaram a ser embasadas em fatos e dados.

A adoção do sistema permitiu que as RSM's pudessem ser registradas e com isto começassem a ser gerados os históricos dos equipamentos, etapa fundamental para o trabalho subsequente de definição do Plano de Manutenção Preventiva. Os históricos de equipamentos chegaram a reunir aproximadamente 57000 registros (RSM's) em 3 anos de trabalho, referentes a 1518 equipamentos cadastrados de um total de 2500 existentes. Todas as RSM's tinham que ser digitadas pelos programadores para dar entrada no sistema, pois a equipe de manutenção no campo trabalhava com o documento de papel.

A vantagem deste trabalho de digitação era que a transcrição das RSM's, realizada por profissionais técnicos, gerava um banco de dados com melhor qualidade de informação.

Apesar do grande avanço alcançado com a informatização, as limitações do SGM levaram a que fossem estudadas alternativas mais avançadas de sistemas para a empresa, a partir de junho de 1997. Alguns programas disponíveis no mercado nacional foram avaliados, tais como : o MAXXIMO, usado pela Companhia Petroquímica do Sul (COPEL) e o MANTEC, implantado na Andreas Sthil Motoserras Ltda., uma empresa multinacional alemã, considerada referência em termos de qualidade e práticas avançadas de gestão.

Tanto o MAXXIMO quanto o MANTEC são sistemas modulares, compatíveis com o *Microsoft Windows*, multi-usuários e que agregam todas as facilidades dos modernos *softwares* de gerenciamento da manutenção. A comunidade de usuários do MANTEC no Brasil é relativamente grande e formada por empresas de porte, já o MAXXIMO não possui ainda um número igualmente expressivo de bases instaladas.

A pesquisa prosseguiu nas unidades americanas da Mars, as quais utilizam um sistema antigo chamado *MMS (Maintenance Management System)*. O *MMS* possui uma interface com o usuário nada amigável, não é compatível com o *Microsoft Windows*, é pouco flexível, mas é multi-usuário e oferece todos os recursos básicos necessários. O interessante neste sistema é que ele permite a emissão de ordens de serviço e outras mensagens direto para *paggers* em poder dos profissionais de manutenção.

A melhor opção foi encontrada no início de 1998, através de contatos com a unidade de Wodonga, na Austrália. As fábricas da Divisão Mars Ásia-Pacífico estavam adquirindo e padronizando um *software* de manutenção para a região. O *MP2 (Maintenance Program version 2)*, da empresa americana Datastream, é um sistema completo, muito avançado e um dos mais vendidos nos Estados Unidos. Ele é compatível com o *Microsoft Windows*, possui versões compatíveis com os bancos de dados mais usados, é multi-usuário, permite a utilização de todos os recursos de mídia digitalizada (fotografia, vídeo, som e desenhos), permite a comunicação com *paggers* e

outros meios de comunicação a distância, oferece bloqueios seletivos de acessos às telas de dados, etc. Possuía uma vantagem adicional que era o fato de já existir em fase adiantada de desenvolvimento uma interface para comunicação com o programa *MFGPRO (Manufacturing Program)*, que é o sistema corporativo (*MRP II - Manufacturing Resources Planning*) utilizado nas unidades da Divisão Ásia-Pacífico e também em toda as unidades Mars na América Latina. Apesar de caro, tornava-se acessível em função do volume total de licenças negociadas. O *MP2* foi aprovado pela área de informática no Brasil e nos Estados Unidos e a sua aquisição para as unidades de toda a América Latina foi colocada no plano de investimentos. Em 1999 foram compradas as licenças e o piloto de instalação começou no México. A próxima etapa do projeto será implantar o *MP2* nas unidades brasileiras.

5.1.5 O desenvolvimento dos indicadores de desempenho

Foi definido um conjunto de indicadores que passaram a ser determinados e divulgados pelo planejamento da manutenção, atendendo as necessidades do setor e dos clientes internos. Os indicadores utilizados eram:

- a) Custo de Manutenção por tonelada produzida por período;
- b) Custo de Manutenção por tonelada produzida por planta por período;
- c) Custo de Manutenção por período;
- d) Custo de Manutenção por planta (ou por centro de custo) por período;
- e) Gasto de Manutenção com Melhorias por período;
- f) Gasto de Manutenção com Melhorias por planta por período;
- g) *Backlog*;
- h) RSM's realizadas;
- i) RSM's realizadas por planta;
- j) RSM's pendentes;
- k) RSM's pendentes por planta;
- l) Indisponibilidade devida à Manutenção Corretiva por período (somente para Planta de Alimentos Balanceados Secos para Animais de Estimação);
- m) Equipamentos cobertos pelo Plano de Preventiva;

- n) Cumprimento do Plano de Manutenção Preventiva (equipamentos efetivamente inspecionados em relação ao planejado por semana).

Os custos eram acompanhados diariamente para não ultrapassarem o orçamento de manutenção. O relatório de custos era divulgado não apenas dentro da manutenção, mas também para os gerentes de todas as plantas. Ele foi desenvolvido para funcionar de forma semelhante a um extrato bancário, permitindo o acompanhamento da evolução das despesas de uma forma simples e objetiva. Este procedimento fazia com que a responsabilidade pela administração do orçamento fosse compartilhada e as prioridades definidas de acordo com os recursos disponíveis. O orçamento anual de manutenção correspondia a 4,54 % do patrimônio e a 1,91 % do faturamento líquido anual da empresa (base 1997). O percentual elevado do custo em relação ao patrimônio se deve ao fato da planta ser antiga (20 anos) e os seus ativos fixos estarem bastante depreciados contabilmente.

Os gastos com melhorias costumavam ser significativos em relação ao custo total de manutenção, oscilando em torno de 17 % em média. Este valor era explicitado no relatório diário de acompanhamento dos custos, pois representava o percentual de “gordura” existente no orçamento, a qual poderia ser eliminada rapidamente se fosse necessário, além disto era importante saber quanto do orçamento realmente foi empregado exclusivamente para a manter a funcionalidade das plantas. O capital investido em melhorias era empregado em pequenos projetos para incrementar a eficiência dos processos ou para elevar os padrões de segurança e melhorar as condições ergonômicas de trabalho.

O indicador Indisponibilidade devida à Manutenção Corretiva podia ser determinado de duas formas:

- 1) em relação à produção

$$IMC = \frac{\text{Produção Perdida por Manutenção Corretiva}}{\text{Produção Máxima Teórica}} \times 100 \quad (5.1);$$

- 2) em relação ao tempo

$$\text{IMC} = \frac{\text{Tempo Perdido por Manutenção Corretiva}}{\text{Tempo Máximo Disponível}} \times 100 \quad (5.2);$$

A equação 5.2 era a comumente usada para o cálculo na empresa.

O *Backlog* era calculado como segue:

$$\text{BKG} = \frac{\text{Total de Hh de Serviços Pendentes}}{\text{Total de Hh por Dia}} \quad (5.3),$$

onde Hh significa homem-hora. O *Backlog* era uma medição mais grosseira, pois era preciso estimar a quantidade de homens-hora necessários para conclusão dos serviços pendentes, usualmente uma lista grande de RSM's. Um valor histórico médio confiável para o *Backlog* da Effem na época era de 2 a 3 dias de trabalho da equipe.

Outros indicadores acompanhados pelo gerente de manutenção eram fornecidos por outras áreas:

- a) Absenteísmo (Recursos Humanos)
- b) Horas Extras (Recursos Humanos)
- c) Custo Total de Manutenção em relação ao Faturamento (Financeiro)
- d) Taxa de Frequência de Acidentes (Segurança)
- e) Taxa de Gravidade de Acidentes (Segurança)
- f) Acidentes sem afastamento (Segurança)
- g) Acidentes com afastamento (Segurança)

O acompanhamento deste conjunto de indicadores permitiu uma gestão mais efetiva dos recursos e a definição de prioridades de ação. A divulgação dos indicadores de performance da manutenção também aumentou a credibilidade do setor dentro da empresa.

5.1.6 A criação do Plano de Manutenção Preventiva

O Plano de Manutenção Preventiva era prioritário, pois as quebras de equipamentos em produção aconteciam com frequência e precisavam reduzir drasticamente e rápido.

Inicialmente foi feita uma classificação dos equipamentos em A, B e C, de acordo com a importância para o processo produtivo e para a segurança das pessoas. Os equipamentos classe A foram sendo integrados ao plano de forma gradativa, seguidos pelos de classe B, até que aproximadamente 20 % dos equipamentos de toda a unidade (487) foram abrangidos.

A idéia básica que norteava a execução do plano era que os equipamentos precisavam ser inspecionados, preferencialmente durante a operação, evitando reduzir a disponibilidade, com uma frequência adequada para permitir a identificação de defeitos, antes que uma falha viesse a ocorrer. Uma vez identificado um defeito, uma RSM era gerada para repará-lo no momento mais oportuno. Alguns equipamentos mais críticos, cujo modo de falha foi se tornando conhecido com o tempo, eram desmontados nas paradas de final de período e inspecionados detalhadamente. Em outros casos ainda mais severos, determinados componentes dos equipamentos mais exigidos eram substituídos a cada parada de final de período.

A equipe de Manutenção Preventiva foi formada utilizando profissionais experientes do quadro de manutenção e era composta no princípio por:

- a) um mecânico geral;
- b) um mecânico de ajuste fino de máquinas;
- c) um eletricista.

Após 3 meses de trabalho da equipe, já com os resultados positivos aparecendo, o time foi ampliado, em maio de 1996, incluindo um instrumentista para continuamente inspecionar, analisar e calibrar a instrumentação de controle de processos das plantas.

A Manutenção Preventiva era dividida por área de especialização e os profissionais tinham dedicação exclusiva para esta atividade. Esta estratégia foi adotada para garantir o cumprimento do plano sem atrasos e gerar resultados mais rápidos, visto que seria necessário treinar um número reduzido de pessoas no princípio. Com o passar do tempo, após colhidos bons resultados e amadurecido o processo, outros profissionais foram treinados e foi realizada uma rotação de pessoas nestas funções. Houve muito cuidado para não comprometer os resultados do trabalho, uma vez que a atividade exige do profissional uma formação técnica sólida e um perfil detalhista.

As inspeções eram realizadas segundo um roteiro definido diariamente pelo planejador da Manutenção Preventiva, utilizando o módulo específico do SGM. Os equipamentos foram particionados em diversos subconjuntos, os quais possuíam frequências de falhas diferentes e, conseqüentemente, seus intervalos de inspeção também não eram iguais. Os intervalos de inspeção dos subconjuntos foram determinados, num primeiro momento, a partir do histórico de máquinas, calculando-se a média aritmética dos intervalos entre falhas e dividindo-se o resultado obtido por um fator de segurança (2 ou 3). Esta aproximação inicial mostrou-se na prática bem conservadora. Após algumas inspeções realizadas, era feita nova análise e um ajuste mais fino se necessário.

As tabelas 5.3 e 5.4 mostram exemplos de equipamentos de produção, os quais foram escolhidos por serem muito importantes dentro do processo da empresa, com seus respectivos subconjuntos e intervalos de inspeção.

Tabela 5.3 – Intervalos de inspeção do Moinho Martelo

Equipamento : Moinho Martelo		
Subconjuntos	Intervalo de Inspeção	Procedimento
MO	28	01
PA	28	02
RO	20	53
ES	45	54
RT	15	33

MO = motor , conexões e tubulações
 PA = painel, circuito de força, comando e sinalização do motor
 RO = rolamentos, mancais e buchas
 ES = estrutura, tampas, telas e fechos
 RT = rotor e martelos

A tabela 5.3 apresenta o moinho martelo com a divisão em seus subconjuntos, os intervalos de inspeção em dias e o número do procedimento a ser consultado. O procedimento descreve os passos a serem executados durante a inspeção do equipamento, o que deve ser observado e registrado.

Foram definidos dois tipos de inspeção:

- 1) Inspeções de Nível I – realizadas com o equipamento em operação;
- 2) Inspeções de Nível II – realizadas com o equipamento parado e desmontado.

As inspeções de Nível I eram a grande maioria, pois o objetivo do plano era aumentar a disponibilidade das plantas, evitando a parada dos equipamentos. Mas havia situações, como no caso dos moinhos martelos e das extrusoras, onde determinados subconjuntos precisavam ser desmontados para realizar a inspeção de componentes internos, os quais sofriam enormes exigências ao longo da produção. Nestes casos, a inspeção precisava ser de Nível II.

As inspeções de Nível II eram concentradas nas paradas de final de período, pois, com raríssimas exceções, os *MTBF's* eram bem superiores a 28 dias. Uma destas exceções é o subconjunto RT dos moinhos martelos, o qual é composto pelo rotor e pelos martelos nele fixados, conforme consta na tabela 5.3. Este subconjunto, em virtude do desgaste dos martelos pelo atrito, durante o processo de moagem, precisava ser inspecionado e balanceado a cada 15 dias, acarretando uma parada programada do equipamento por 4 horas.

Tabela 5.4 – Intervalos de inspeção da Extrusora

Equipamento : Extrusora		
Subconjuntos	Intervalo de Inspeção	Procedimento
MO	30	01
PA	30	02
CA	15	84
HE	28	120
ES	15	85
TU	15	86
TS	15	87
CM	15	88
IN	7	116

MO = motor , conexões e tubulações
 PA = painel, circuito de força, comando e sinalização do motor
 CA = eixos, rolamentos do corpo da extrusora
 HE = helicóide
 ES = estrutura, camisas, bases de fixação, parafusos, *die plates*
 TU = tubulações de alimentação de produtos
 TR = transmissão, polias e correias
 CM = mancais, rolamentos, acoplamentos e eixos
 IN = instrumentação de controle e indicação de processo

Na tabela 5.4, o subconjunto HE, o helicóide da extrusora, deve ser inspecionado a cada 28 dias, mas com o equipamento desmontado, ou seja, trata-se de uma outra intervenção de Nível II. Neste caso específico, o trabalho era realizado nas paradas de final de período.

Os 487 equipamentos cobertos pelo Plano de Manutenção Preventiva estavam divididos, em média, em 6 ou 7 subconjuntos. Cada tipo diferente de subconjunto possuía um procedimento próprio de inspeção, resultando em mais de 120 procedimentos no total. Felizmente havia muitos equipamentos semelhantes com procedimentos comuns. Além das rotinas geradas a partir do SGM, também eram realizados check-lists para equipamentos de maior criticidade como por exemplo : todas as empacotadoras, a enchedeira de latas e a recravadeira de latas, que é a máquina que fecha a lata com a tampa.

As inspeções contemplavam basicamente:

- 1) observação minuciosa do subconjunto;
- 2) medição de vibração (Aceleração Global e Velocidade Global);
- 3) nível de ruído (decibelímetro);
- 4) verificação de ruídos estranhos (estetoscópio);
- 5) medição de temperatura (termômetro de infravermelho).

As medições de vibração eram realizadas em 50 equipamentos e a análise físico-química de óleos lubrificantes era realizada nos grandes redutores de 15 equipamentos importantes. Havia procedimentos especiais para a manutenção preventiva das caldeiras de geração de vapor, câmara-fria e da subestação de força.

Paralelamente ao Plano de Manutenção Preventiva, também foi desenvolvido o Plano de Lubrificação de Equipamentos, empregando um outro *software* chamado MIDAC, fornecido gratuitamente pela Mobil Oil aos seus clientes. O MIDAC gerava diariamente de forma automática a programação de lubrificação a ser seguida, roteirizando os equipamentos, contemplando aproximadamente 5000 pontos, para os quais informava o tipo de lubrificante a ser utilizado e a quantidade a ser aplicada.

5.1.6.1 A aplicação dos conceitos de Confiabilidade na Manutenção Preventiva

Com o intuito de aprimorar ainda mais a Manutenção Preventiva, buscou-se aprofundar o estudo para determinação dos intervalos ótimos de inspeção dos equipamentos, empregando métodos de Confiabilidade. Basicamente, os objetivos buscados com esta iniciativa eram:

- a) otimizar o número de visitas de inspeção, sem excessos nem faltas;
- b) alocar os recursos humanos na exata medida das necessidades para o cumprimento do Plano de Manutenção Preventiva;
- c) reduzir ainda mais o risco de quebras durante a produção normal, aumentando a disponibilidade das plantas.

Foi firmado um convênio com o Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção (PPGEP) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em março de 1997, para fornecimento de tecnologia na área de Confiabilidade. O *software* RELEST, desenvolvido como parte da dissertação de mestrado do pesquisador Celso Fritsch, foi utilizado para ler o banco de dados do histórico dos equipamentos do SGM e calcular os valores de *MTBF*. O RELEST é um programa para modelagem matemática da confiabilidade de um produto ou equipamento até a sua falha e que permite a análise de dados completos ou truncados.

A grande dificuldade enfrentada no processo era revisar criticamente o conteúdo de um banco de dados com milhares de registros, verificando o que era realmente dado útil de confiabilidade e quais as informações que deveriam ser desprezadas. Esta análise precisava ser feita caso a caso. Além disto, era necessário separar as ocorrências de manutenção registradas (RSM's) por subconjuntos, uma vez que no Plano de Manutenção Preventiva os intervalos de inspeção são determinados desta forma, conforme foi mostrado nas tabelas 5.3 e 5.4. Foram escolhidos alguns equipamentos mais importantes para começar este trabalho e gradativamente esta análise foi sendo estendida.

Exemplificando a sistemática adotada, são apresentadas na seqüência as curvas características de Confiabilidade e os resultados de simulação realizados empregando o RELEST na análise dos dados do histórico do equipamento extrusora EX1401, considerando apenas as manutenções realizadas no subconjunto estrutura (ES). As extrusoras são os equipamentos mais importantes e gargalos da Planta de Alimentos Secos Balanceados para Animais de Estimação (Dry Pet Food).

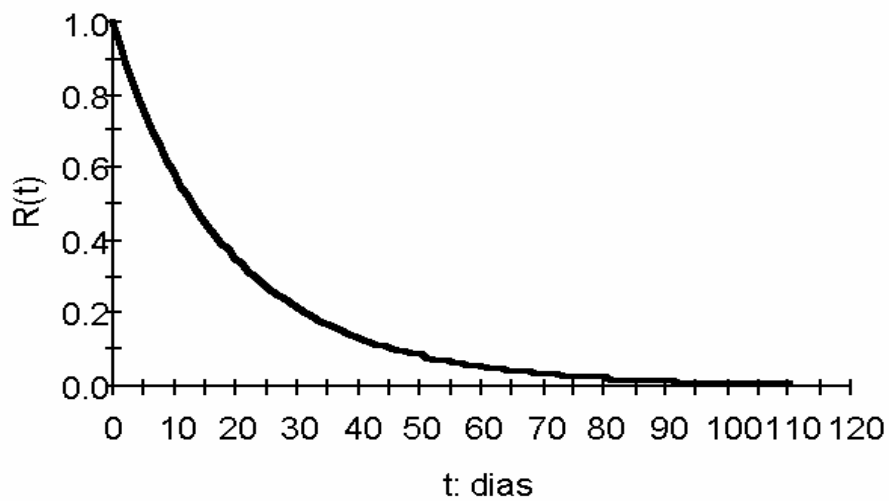


Figura 5.3 - Curva de Confiabilidade - Estrutura da EX1401.

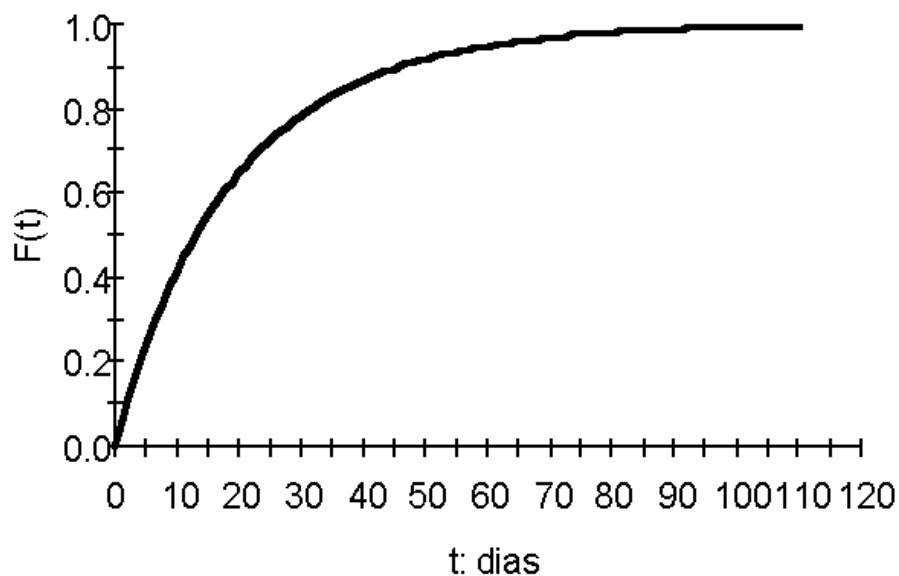


Figura 5.4 – Curva de Distribuição Acumulada de Falhas – Estrutura da EX1401.

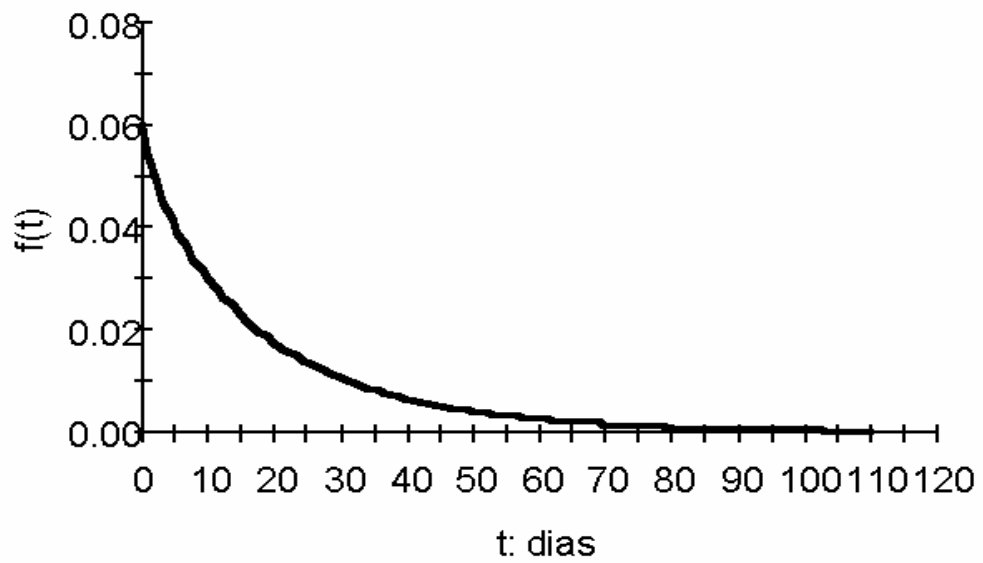


Figura 5.5 – Curva de Distribuição de Probabilidade Falhas – Estrutura da EX1401.

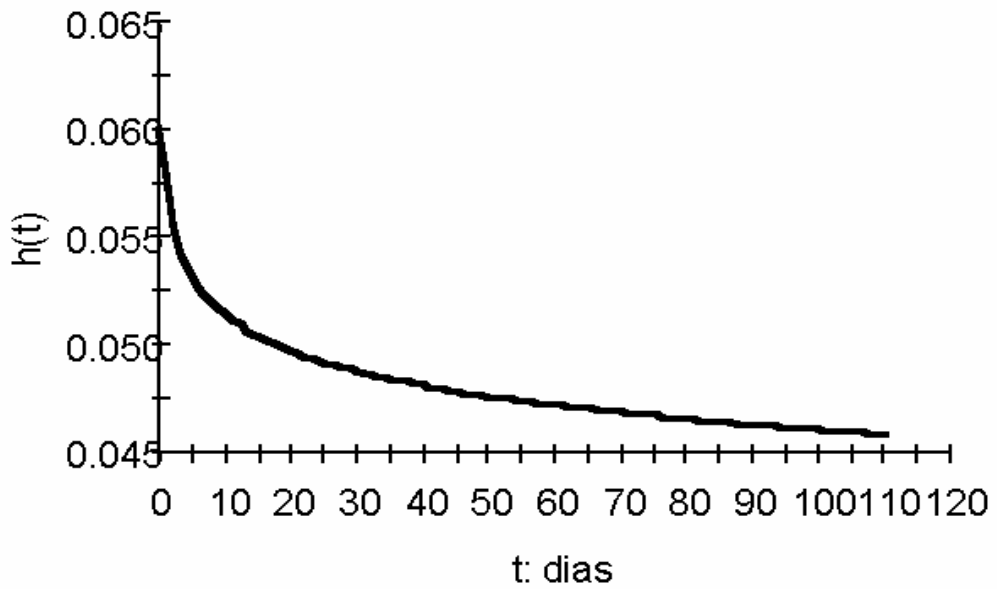


Figura 5.6 – Curva de Taxa de Falhas – Estrutura da EX1401.

A tabela 5.5 mostra os parâmetros da simulação realizada pelo RELEST a partir dos dados do subconjunto estrutura (ES) da extrusora EX1401. O cálculo foi realizado tomando os intervalos de tempo em dias entre falhas do equipamento devidas especificamente a problemas neste subconjunto (dados completos de confiabilidade) e considerou também os intervalos onde houve uma intervenção corretiva leve para reparo de um defeito, mas sem que o equipamento entrasse em pane (dados censurados de confiabilidade).

Tabela 5.5 – Simulação do RELEST ES/EX1401- Parâmetros de Weibull

Parâmetro	Valor
β	0,9524
η	19,1329
t_0	0
<i>MTBF</i>	19,5574

A seguinte notação é empregada na tabela 5.5:

β = parâmetro de forma;

η = parâmetro de escala;

t_0 = parâmetro de posição;

MTBF = tempo médio entre falhas.

O valor de β muito próximo de 1,0 indica que as falhas ocorridas são do tipo aleatórias e a curva representada pela equação de Weibull corresponde à fase II da vida do componente (Curva da Banheira), ou seja, o período de vida útil. Nesta fase, como foi visto no capítulo 3 nas seção 3.6, o equipamento possui taxa de risco constante e pode falhar de forma imprevisível. O valor de η indica o momento em que a probabilidade de falha do equipamento chega a 63 %. O *MTBF* determinado foi de 19,6 dias. O intervalo de inspeção previsto originalmente no Plano de Manutenção Preventiva era de 15 dias, de acordo com a tabela 5.4. Este intervalo era satisfatório do

ponto de vista prático, pois os problemas neste subconjunto podiam ser observados a olho nu com o equipamento em operação (Nível I) e dificilmente poderiam gerar a necessidade de uma parada imediata do equipamento.

Repetindo a simulação do RELEST com os dados do histórico do equipamento moinho martelo MM1204, considerando apenas as manutenções realizadas no subconjunto rotor e martelos (RT), obtiveram-se os resultados apresentados na tabela 5.6 na seqüência.

Tabela 5.6 – Simulação do RELEST RT/MM1204 - Parâmetros de Weibull

Parâmetro	Valor
β	0,8930
η	15,3631
t_0	0
<i>MTBF</i>	16,2347

A seguinte notação é empregada na tabela 5.6:

β = parâmetro de forma;

η = parâmetro de escala;

t_0 = parâmetro de posição;

MTBF = tempo médio entre falhas.

Neste segundo exemplo, o *MTBF* determinado foi de 16,2 dias e o intervalo de inspeção previsto originalmente no Plano de Manutenção Preventiva era de 15 dias, conforme a tabela 5.3. O modo de falha é facilmente compreensível : os martelos desgastam-se pelo atrito com os grãos e com as farinhas grossas durante o processo de moagem, mas a perda de material não se dá de forma uniforme em todos os martelos, variando aleatoriamente, e ocasionando o desbalanceamento do subconjunto rotor.

Apesar do intervalo de inspeção estar muito próximo do valor do *MTBF*, ele atendia as necessidades na prática pelas seguintes razões:

- 1) o modo de falha era plenamente conhecido;
- 2) existia uma presença quase diária do mecânico de manutenção preventiva na área pelo fato de existirem 8 moinhos em operação;
- 3) o sintoma de um desbalanceamento severo é o aumento da vibração do equipamento, o qual é facilmente perceptível.

Na realidade, este exemplo não se refere propriamente a um problema de manutenção, mas sim a uma troca de ferramenta por desgaste normal durante a produção. O envolvimento da manutenção se dava por que o balanceamento do rotor era uma atividade que exigia precisão e que se não fosse bem executada poderia ter conseqüências sérias, com danos ao equipamento e risco para as pessoas que trabalhavam no local.

O benefício da aplicação do RELEST na Manutenção Preventiva, como pôde ser observado, é enorme, visto que a determinação dos intervalos é embasada num critério estatístico. Este *software* recebeu melhoramentos do seu criador Celso Fritsch e hoje encontra-se disponível comercialmente com o nome de PROCONF.

Os intervalos de inspeção, conforme procedimento adotado, deveriam ser reavaliados a cada 2 anos ou sempre que ocorrências do dia a dia da manutenção indicassem que era necessária uma nova análise.

Alguns dos resultados obtidos com a implantação da Manutenção Preventiva:

- 1) O setor de manutenção passou a ser mais respeitado na empresa e os profissionais de manutenção aumentaram a sua auto-estima.
- 2) O nível técnico dos profissionais que passaram pela equipe de Manutenção Preventiva melhorou muito.

- 3) O índice de paradas da produção devido a manutenção corretiva caiu do patamar anterior de 3,8 % para 1,4 % na planta de Dry Pet Food.

Tabela 5.6 – Índice de Paradas por Problemas de Manutenção

Período	03/1997 a 09/1998
Valor Médio	1,4 %
Desvio Padrão	0,5 %
Valor Máximo	1,7 %
Valor Mínimo	0,9 %
Tamanho da Amostra	16

- 4) As quebras também reduziram visivelmente nas demais plantas, mas não era feita medição.
- 5) A produtividade na Planta de Enlatados aumentou aproximadamente 17 %, como consequência direta do aumento na disponibilidade dos equipamentos, conseguida pelos trabalhos preventivos e projetos de melhorias realizados pelo setor de manutenção.

5.1.7 As melhorias no *lay-out* da oficina central e demais anexos da manutenção

Uma grande reforma foi executada nas dependências da oficina central de manutenção, no período de setembro a novembro de 1995, para melhorar a sua funcionalidade. Com o novo *lay-out* a oficina ficou dividida internamente de acordo com as diversas especialidades de tarefas lá executadas: usinagem de peças, trabalhos de mecânica geral, soldagem, montagens elétricas e reparos de equipamentos eletrônicos. Os supervisores ganharam uma sala onde podiam planejar, realizar reuniões e ao mesmo tempo acompanhar a movimentação na oficina de perto. Além disto, uma ferramentaria foi montada para guardar todas as ferramentas e equipamentos de uso

comum da equipe. Um ferramenteiro terceirizado foi trazido para controlar os empréstimos de ferramentas, zelar pela conservação dos equipamentos e providenciar a substituição das ferramentas danificadas.

Mais alterações foram realizadas entre dezembro de 1995 e o princípio de janeiro de 1996, criando o conjunto de salas do Anexo III, localizado no prédio ao lado da oficina central. Neste espaço foi organizada uma área para guardar peças de reposição usadas em bom estado, provenientes de máquinas obsoletas, linhas desmontadas, painéis elétricos substituídos, etc. Estas peças não podiam ser novamente incorporadas ao estoque normal do almoxarifado, mas podiam perfeitamente ser reutilizadas.

Uma reunião de conscientização foi realizada com toda a equipe de manutenção para que, ao invés de criarem estoques paralelos em diversos locais (armários, caixas de ferramentas individuais, gavetas individuais), guardassem os materiais reaproveitáveis naquele espaço. Os itens foram inventariados e gerada uma lista de consulta. A idéia foi bem aceita e a disciplina do envio dos materiais usados para aquela área funcionou bem, mas a atualização da listagem dos itens e a conservação da organização daquela sala sempre foram problemáticas.

Meses mais tarde, conseguiu-se uma área dentro do almoxarifado geral para colocação destes materiais, que passaram a ser administrados com um controle paralelo ao do estoque normal. O almoxarifado geral também estava ligado hierarquicamente ao gerente de manutenção e nele eram guardados todos os materiais utilizados pela empresa, com exceção das embalagens, das matérias-primas e dos produtos acabados.

No Anexo III também foi instalado o setor de planejamento da manutenção, logo que este foi criado, e montada uma pequena oficina dedicada à construção e reforma de máquinas.

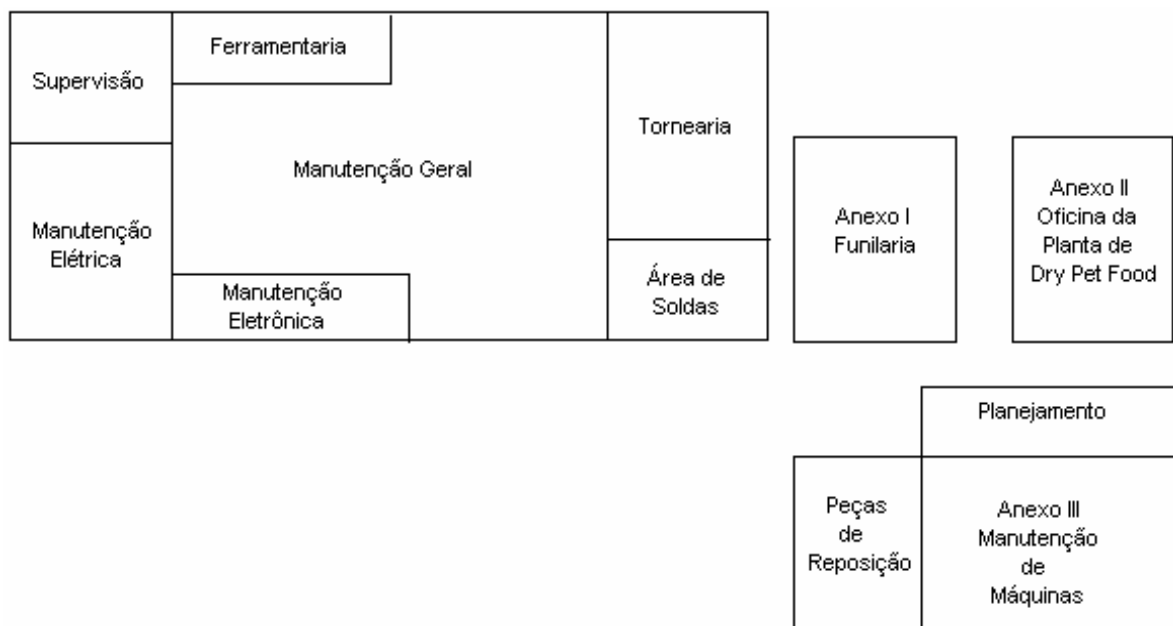


Figura 5.7 – *Lay-out* intermediário da oficina central e anexos em outros prédios.

Finalmente, em outubro de 1996, o *lay-out* foi novamente alterado para sua forma definitiva, de maneira a promover uma maior integração e comunicação entre os supervisores e a equipe de planejamento. Esta modificação física se deu juntamente com a modificação da estrutura do setor de manutenção, redefinindo e clarificando as atribuições e as responsabilidades tanto dos supervisores quanto da equipe de planejamento, conforme já foi abordado na seção 5.1.3.

Outras melhorias foram realizadas ainda nesta segunda etapa:

- a) A ferramentaria foi levada para a área do almoxarifado geral, que ficava no mesmo prédio da oficina central.
- b) A oficina de manutenção de máquinas foi trazida novamente para a área da oficina central para aproximar esta equipe do restante do grupo.
- c) Foi criado um pequeno um pequeno laboratório de instrumentação para calibração e reparo de instrumentos de controle de processos.



Figura 5.8 – *Lay-out* definitivo da oficina central e anexos em outros prédios.

O conjunto de mudanças de *lay-out* que foram realizadas tiveram dois propósitos:

- 1) dividir a oficina central internamente, criando-se salas e laboratórios planejados para serem adequados para cada uma das diversas especialidades de trabalhos de manutenção;
- 2) concentrar as atividades de manutenção na mesma área física.

Os principais benefícios alcançados foram:

- a) os trabalhos de manutenção passaram a ser executados em instalações projetadas para atender as necessidades técnicas e os padrões de segurança e ergonomia;
- b) a integração e a comunicação do grupo foi estimulada pela proximidade física;
- c) o controle das atividades foi facilitado;
- d) a organização e a limpeza melhoraram (as paredes da oficina central foram inclusive pintadas de branco).

5.1.8 As melhorias implementadas no controle dos estoques

O horário do almoxarifado, que não cobria as 24 horas do dia e finais de semana, foi modificado para uma operação em 4 turnos em novembro de 1996, acompanhando integralmente a produção e a manutenção, proporcionando um atendimento melhor e garantindo a integridade do inventário, pois os acessos de pessoas estranhas foram vedados.

O almoxarifado absorveu a ferramentaria e o ferramenteiro transformou-se em mais um almoxarife, completando o time necessário para os 4 turnos. A partir deste momento, todos passaram a controlar os materiais e o empréstimo das ferramentas. O controle sobre o empréstimo das ferramentas também melhorou, pois passou a existir uma pessoa responsável nas 24 horas do dia e não somente um ferramenteiro no horário administrativo.

Aliada a esta mudança, foi introduzida uma alteração de procedimentos: os itens do estoque normal e os itens comprados para trabalhos de manutenção só poderiam ser retirados do almoxarifado se, além da requisição aprovada por pessoa autorizada (gerente, supervisor, encarregado), o profissional de manutenção apresentasse a RSM aberta para realização do serviço que empregaria aquele material. No caso de produtos comprados, a RSM era aberta pelo programador ou pelo supervisor no momento da solicitação de compra e o seu número constava neste documento. Desta maneira evitou-se que materiais fossem retirados do almoxarifado sem um propósito claro e que itens comprados para uma atividade específica fossem destinados para outra.

5.2. Resumo dos resultados das ações empreendidas no setor de manutenção

As diversas ações empreendidas para responder aos problemas diagnosticados no início do trabalho de pesquisa trouxeram efetivamente resultados positivos, conforme já foi mostrado de forma detalhada nas seções anteriores. Estes resultados são apresentados de forma resumida na seqüência.

5.2.1. Indicadores numéricos

Esta seção irá apresentar a evolução dos principais indicadores numéricos disponíveis para mensuração dos resultados obtidos.

Tabela 5.7 – Ações tomadas e resultados numéricos alcançados.

Indicador	Ações	Resultados
Documentação das atividades realizadas pela manutenção	2. Implantação da RSM 3. Criação do Planejamento da Manutenção 4. Implantação do SGM	- 68 RSM's por dia (realizadas e registradas)
Histórico de Equipamentos	2. Implantação da RSM 3. Criação do Planejamento da Manutenção 4. Implantação do SGM	- 57000 registros - 1518 equipamentos cadastrados no SGM
Abrangência do Plano de Manutenção Preventiva	3. Criação do Planejamento da Manutenção 4. Implantação do SGM 6. Criação do Plano de Manutenção Preventiva	- 487 equipamentos cobertos pelo plano (20 % do total)
Controle de Custos	2. Implantação da RSM 3. Criação do Planejamento da Manutenção 4. Implantação do SGM	- orçamento dentro da previsão com 17 % para melhorias
Índice de paradas da produção devido à manutenção corretiva	3. Criação do Planejamento da Manutenção 4. Implantação do SGM 6. Criação do Plano de Manutenção Preventiva	- reduziu de 3,8 % para 1,4 % o tempo parado para as corretivas ao longo da produção
Aumento da produtividade na Planta de Enlatados	1. Criação dos encarregados de turno 3. Criação do Planejamento da Manutenção 4. Implantação do SGM 6. Criação do Plano de Manutenção Preventiva	- aumento de 17 % nos volumes produzidos em função da maior disponibilidade
Produtividade da equipe de manutenção	Todo o conjunto de ações implantadas.	- aumento de 35 % *

* valor aproximado

5.2.2. Avaliação qualitativa

Além da evolução dos indicadores numéricos, foram observados outros avanços, que podem ser descritos apenas qualitativamente. Entre eles citamos:

- a) evolução na qualidade dos trabalhos de manutenção;
- b) melhoria no atendimento aos clientes internos em relação aos prazos;
- c) maior eficácia no planejamento das tarefas e no uso dos recursos;
- d) ampla disponibilidade de informações sobre as atividades de manutenção;
- e) forte controle dos custos em relação ao orçamento de manutenção;
- f) melhoria nas instalações e disponibilidade de ferramental de trabalho;
- g) fortalecimento do setor de manutenção e reconhecimento da empresa.

5.3. Elementos de um Modelo para Gestão da Manutenção

A revisão bibliográfica e o estudo de caso realizado permitiram reunir elementos que podem subsidiar a construção de um modelo de gestão da manutenção. Os elementos que serão apresentados na seqüência mostraram-se importantes no estudo de caso realizado e acredita-se que o mesmo possa ser verificado em outros estudos envolvendo um cenário similar, qual seja, empresas de grande porte com unidades industriais complexas (grande quantidade de equipamentos e pessoas, produção em massa) e forte pressão por resultados.

Um ponto considerado de grande relevância é a necessidade da divisão entre Engenharia de Manutenção e Execução da Manutenção para garantia de uma maior eficácia gerencial. Ambas precisam cumprir as suas missões, trabalhando integradas para obtenção da sinergia que levará ao alto desempenho.

A Engenharia de Manutenção deve dar o suporte que a equipe voltada à execução necessita para realização das tarefas diárias. Isto significa fazer a programação dos trabalhos, providenciando os recursos (pessoas, materiais e ferramental) e definindo o momento adequado. Esta é a parte do *planejamento* da manutenção que, analogamente à produção, possui o seu Plano Mestre de Manutenção, contemplando uma visão com horizonte um pouco maior (meses), e a sua Programação da Manutenção, abrangendo em detalhe as atividades do dia de hoje e dos próximos.

A Engenharia de Manutenção deve prover os relatórios com os indicadores adequados ao gerenciamento do setor. A função *controle* é exercida por todos, principalmente pelas chefias, a partir do conhecimento e da análise das informações sobre o desempenho. Os indicadores devem servir ao próprio setor de manutenção e ao restante da empresa (clientes internos) e devem contemplar as dimensões da qualidade:

- Qualidade Intrínseca – O serviço está sendo bem feito?
- Custo – Os custos estão adequados? O orçamento está sendo cumprido?
- Entrega – Os prazos estão sendo cumpridos?
- Moral – Como está o clima no grupo de trabalho?
- Segurança – Estão acontecendo acidentes? A exposição aos riscos é elevada?

As decisões são tomadas em função das informações. Mantém-se o rumo ou reavalia-se a estratégia? Gerenciar é percorrer o Ciclo *PDCA* (*Plan, Do, Check, Act*).

Outro aspecto avaliado como de fundamental importância é a existência de um plano de Manutenção Preventiva/Preditiva implantado e em operação para garantir a eficiência dos processos, a disponibilidade dos recursos e a segurança.. A abrangência do Plano de Manutenção Preventiva é uma questão de custo-benefício que precisa ser avaliada caso a caso.

Da mesma forma, a utilização de sistemas informatizados para o gerenciamento da manutenção, em função da enorme quantidade de dados que precisam ser manipulados e interpretados para gerar informações úteis, tornou-se praticamente obrigatória. A flexibilidade e a capacidade de interface com outros sistemas de informação são fatores críticos de sucesso que precisam ser avaliados na hora da escolha de um Sistema de Gerenciamento da Manutenção.

Muito embora as questões que seguem não tenham sido discutidas ao longo desta pesquisa aplicada, há alguns requisitos que foram identificados no dia a dia, ao longo do processo de implantação das técnicas e estratégias adotadas na manutenção, que foram muitas vezes determinantes, por estarem ou não presentes, do sucesso ou do fracasso do trabalho:

- a) o preparo e a capacidade das chefias para motivar, inspirar confiança, manter a disciplina, comunicar de forma clara e delegar;
- b) a formação escolar e profissional dos homens de manutenção;
- c) o entendimento, que é claro para algumas pessoas, mas não é para outras, de que o treinamento (aprendizado) é um processo contínuo ao longo da vida;
- d) a experiência da equipe nos processos da empresa;
- e) a remuneração justa e compatível com o mercado;
- f) condições adequadas para execução do trabalho (ambiente de trabalho, segurança, infra-estrutura).

O foco da discussão, neste caso, é que os resultados dependem diretamente das pessoas, as quais possuem as suas necessidades, e as habilidades das chefias do setor de manutenção relacionadas com liderança de equipes são tão importantes quanto à capacitação técnica. Os objetivos e os valores também precisam ser incessantemente reforçados e comunicados de forma clara para a equipe.

Acredita-se que um modelo de gestão eficaz da manutenção, considerando o cenário descrito (empresas de grande porte, com unidades industriais complexas e grande demanda de serviços de manutenção), deveria contemplar todos estes pontos anteriormente abordados. A inter-relação entre estes elementos aparece na figura 5.9.

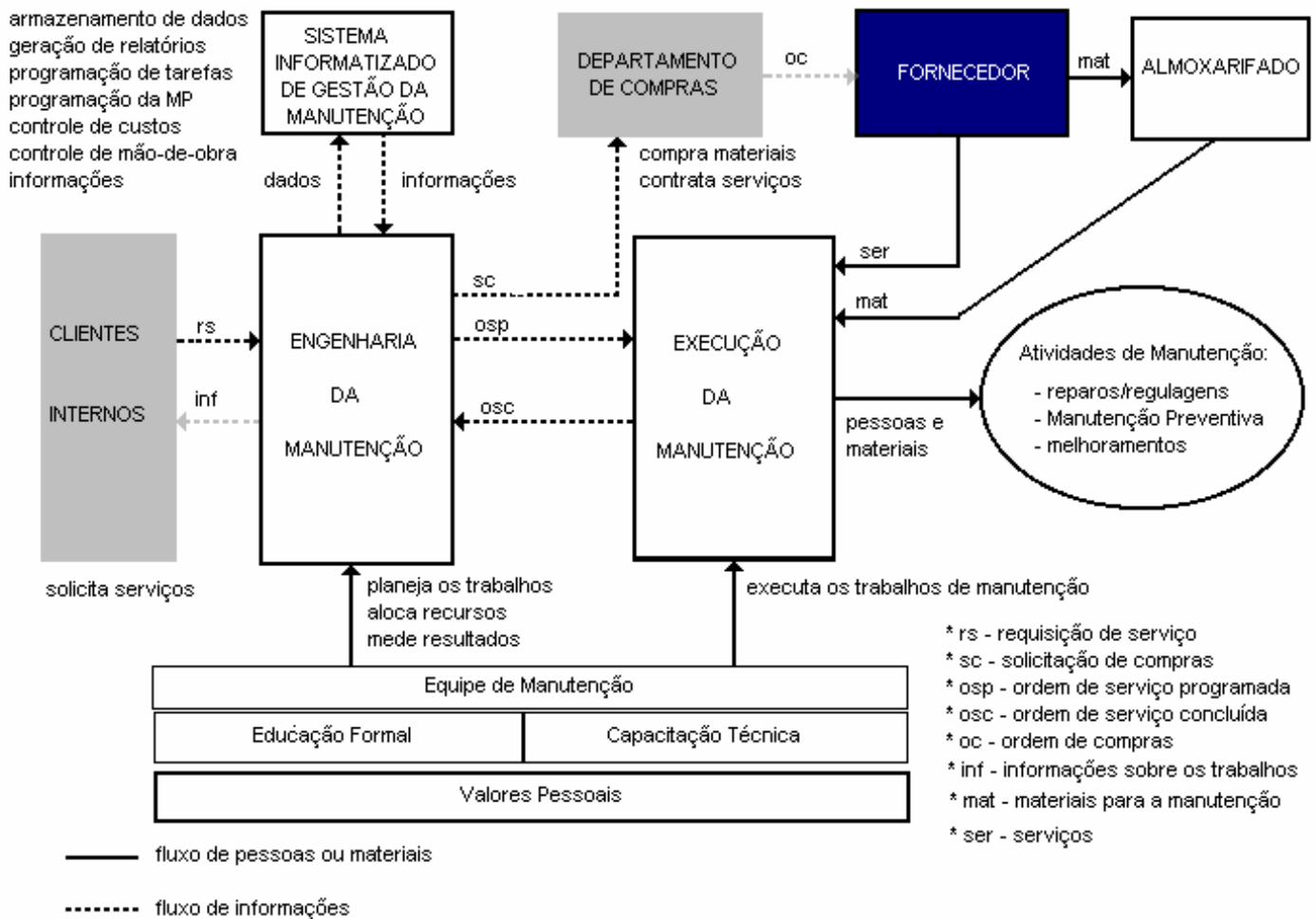


Figura 5.9 – A gestão da manutenção em empresas de grande porte.

É interessante estabelecer uma classificação das empresas em função do tamanho da equipe de manutenção e da demanda de serviços medida em alguma unidade representativa, por exemplo homem-hora (Hh) por semana, para definição do que é considerado pequeno porte e grande porte para a atividade de manutenção:

- Grupo 1 - empresas com uma equipe de até 5 profissionais de manutenção (até 220 Hh por semana);
- Grupo 2 - empresas com uma equipe entre 6 e 15 profissionais de manutenção (de 264 Hh a 660 Hh por semana);
- Grupo 3 - empresas com uma equipe entre 16 e 30 profissionais de manutenção (de 704 Hh a 1320 Hh por semana);
- Grupo 4 - empresas com uma equipe com mais de 30 profissionais de manutenção (acima de 1320 Hh por semana).

Nas empresas dos grupos 1 e 2, o papel da Engenharia de Manutenção pode ser realizado exclusivamente pela chefia da equipe de manutenção ou por esta com o apoio de um escriturário ou de um profissional de manutenção de nível técnico pertencente à própria equipe. Esta pessoa de apoio é mais importante nas empresas do grupo 2, mais complexas. Existem *softwares* para gestão da manutenção de baixo custo, voltados para as empresas de pequeno porte, mas o registro dos dados dos trabalhos realizados e o gerenciamento da Manutenção Preventiva também podem ser realizados com o auxílio de planilhas eletrônicas. Por fim, não há necessidade de existir profissionais dedicados exclusivamente para a Manutenção Preventiva, podendo esta ser executada pela equipe que acompanha a produção, de acordo com uma programação estabelecida.

No caso das empresas dos grupos 3 e 4 é muito importante a existência de profissionais dedicados à Engenharia de Manutenção para planejamento, gerenciamento da Manutenção Preventiva, registro dos dados de manutenção, medição e divulgação dos resultados alcançados. É fundamental a utilização de um Sistema de Gerenciamento da Manutenção, ou seja um *software* especialista para registro dos dados e geração de informações úteis. A estratégia de possuir ou não uma equipe dedicada de forma exclusiva para a Manutenção Preventiva precisa ser avaliada pelas empresas, mas, em

plantas complexas, com atividades de risco, é recomendável que exista uma equipe focada nesta atividade para garantir a execução do plano com qualidade e sem atrasos.

A Unidade de Eldorado do Sul da Effem do Brasil, no período abrangido pela pesquisa, situava-se no Grupo 4, com aproximadamente 2350 Hh por semana e em média 52 profissionais de manutenção, entre equipe própria e terceiros.

5.4 Prioridades da gestão da manutenção em um cenário de capacidade ociosa

O trabalho realizado foi orientado para maximização da disponibilidade dos equipamentos de produção, enfatizando a execução de inspeções dos equipamentos em funcionamento e destacando uma equipe exclusivamente dedicada para a Manutenção Preventiva. A estratégia montada levou em conta o momento da empresa, principalmente nos anos de 1995 até 1997, onde praticamente tudo o que era produzido era vendido, portanto paradas na produção significavam perdas irrecuperáveis nas vendas. O controle de custos era importante, mas o foco era preservar e, se possível, aumentar a disponibilidade.

No entanto, se o cenário fosse de excesso de capacidade instalada em relação à demanda, então deveria ser dada prioridade para a minimização dos custos de manutenção. Havendo ociosidade, é possível parar de forma programada as linhas de manufatura, sem prejuízo do plano de produção estabelecido. Também é possível recuperar atrasos neste plano que forem provocados por paradas não planejadas dos equipamentos. Um índice de indisponibilidade devida à manutenção maior é tolerável, desde que as quebras não sejam graves, não resultando em danos importantes aos equipamentos, não causando paradas demasiadamente extensas e não gerando custos altos de reparo. As horas-extras podem ser drasticamente reduzidas e eventualmente totalmente eliminadas.

CAPÍTULO 6 – CONCLUSÃO

6.1 Considerações Finais

O tema gerenciamento da manutenção é relevante na medida em que a maioria absoluta das empresas industriais necessita extrair o máximo de retorno dos seus recursos (capital, pessoas e matérias-primas) e dos seus ativos fixos (benfeitorias e equipamentos) para enfrentar os seus concorrentes no mercado. As perdas e as ineficiências precisam ser combatidas incessantemente para não comprometerem a lucratividade e a competitividade do negócio.

A complexidade das grandes plantas industriais demanda do setor de manutenção mais do que uma equipe tecnicamente capaz, um almoxarifado abarrotado de sobressalentes e ferramental adequado. É necessário empregar tecnologias de gestão voltadas para o planejamento e para o controle das atividades de manutenção, além de estratégias preventivas, de modo a assegurar um bom desempenho da produção.

Esta dissertação tem como objetivo principal apresentar e discutir a implantação de um sistema de gestão da manutenção em uma indústria do ramo alimentício, que prioriza a maximização da disponibilidade dos equipamentos de produção, enquanto controla custos. Entende-se por sistema de gestão um conjunto de técnicas e medidas que foram aplicadas na empresa para organização do setor de manutenção e melhoria dos seus resultados.

Como objetivos secundários desta pesquisa podem ser citados: revisar os conceitos de Engenharia de Confiabilidade aplicados à manutenção, discutir o emprego de *softwares* especialistas no apoio a uma gestão eficiente do setor de manutenção e discutir a importância da Manutenção Preventiva. Além dos objetivos citados, também buscou-se levantar alguns elementos que se acredita que deveriam estar presentes em um modelo de gestão da manutenção apropriado para empresas industriais de grande porte.

A revisão bibliográfica abordou a conceituação da manutenção, os diversos tipos de manutenção existentes, a *TPM*, a Manutenção Centrada em Confiabilidade e aspectos relacionados com a organização da manutenção. Outro assunto bastante explorado foi o estudo da Engenharia de Confiabilidade, pela sua aplicabilidade prática na manutenção. O seu ferramental permite, por exemplo, determinar em que fase da sua vida útil está um equipamento específico (curva da banheira), os modos de falha a que ele está sujeito predominantemente e o seu tempo médio de bom funcionamento até a ocorrência de uma falha (*MTBF*). Estas informações são úteis para o estabelecimento de estratégias eficazes de manutenção.

As visitas realizadas a outras plantas industriais e os contatos estabelecidos com profissionais de outras empresas foram enriquecedoras e auxiliaram na execução do trabalho. Alguns pontos observados que merecem destaque são: a elaboração dos Planos de Manutenção Preventiva, os *softwares* de gestão da manutenção utilizados, os tipos de documentos empregados no controle das atividades de manutenção e as formas de medição de desempenho do setor.

O trabalho de pesquisa iniciou em maio de 1995 com um diagnóstico dos problemas encontrados no setor de manutenção da empresa Effem do Brasil Inc. & Cia. Este diagnóstico foi elaborado com base na observação dos fatos e nas informações prestadas pela própria equipe de manutenção e pelos clientes internos, especialmente os gerentes e supervisores de produção. Oito pontos foram considerados como os mais críticos naquele momento e que precisavam ser combatidos: a ausência de chefia e liderança nas equipes de turno, a falta de documentação dos serviços realizados, o planejamento deficiente dos trabalhos, a falta de um *software* para gerenciar os dados de manutenção, a ausência de indicadores para medição do desempenho do setor, a inexistência de uma estratégia de Manutenção Preventiva para as plantas produtivas, a pouca funcionalidade da oficina central devido a um *lay-out* inadequado e finalmente a deficiência no controle dos estoques dos sobressalentes.

As medidas corretivas adotadas para solução dos problemas levantados foram sendo implantadas ao longo de um período de três anos, de 1995 a 1998. Cada mudança de procedimento ou técnica implementada era discutida previamente com toda a equipe de manutenção em diversas reuniões, de maneira a dar transparência ao processo e obter o comprometimento das pessoas. O sistema de gestão da manutenção da empresa foi sendo consolidado aos poucos. Foram destacados encarregados para comandar as equipes nos turnos, implantadas as requisições de serviço para documentar os trabalhos de manutenção, criado o setor de planejamento para dar suporte, implantado o *software* SGM de gestão da manutenção, criados indicadores e relatórios específicos para o gerenciamento do setor, desenvolvido e implantado com recursos internos um Plano de Manutenção Preventiva de elevado padrão técnico e completamente adaptado à realidade da empresa, realizadas reformas nas oficinas para melhorar as condições de trabalho e definidos novos procedimentos e controles para o almoxarifado de peças de reposição.

Os resultados obtidos foram muito satisfatórios. Destacam-se a redução do tempo perdido de produção por manutenções corretivas de 3,8 % para 1,4 % na Planta de Alimentos Secos para Animais de Estimação (Dry Pet Food), que era a mais premida por volumes de produção, e o incremento de 17 % na produtividade da Planta de Enlatados. O Plano de Manutenção Preventiva teve importância decisiva para que se aumentasse a disponibilidade das plantas. Outros ganhos verificados foram a melhoria do atendimento aos clientes internos, um controle eficaz dos custos e o aumento da produtividade da equipe de manutenção.

Ao longo da pesquisa foi possível observar que alguns elementos tiveram grande relevância e poderiam subsidiar a construção de um modelo mais amplo de gestão da manutenção. Acredita-se que a presença destes elementos seja essencial quando se trata de empresas de grande porte, com unidades industriais complexas, num ambiente competitivo.

Dentro deste cenário, foi importante a estratégia da divisão da equipe de manutenção internamente em Engenharia de Manutenção, que executa o planejamento e o controle das atividades, e Execução da Manutenção, focada na realização com qualidade das tarefas, seguindo uma programação estabelecida. Outros pontos de destaque são o emprego de um *software* especialista para auxiliar no gerenciamento da manutenção e a existência de um Plano de Manutenção Preventiva adequado. A execução da Manutenção Preventiva é uma condição fundamental para que se possa trabalhar de forma planejada, pois na sua ausência a atividade de manutenção fica restrita a apagar incêndios, incessantemente consertando equipamentos que falham durante a produção.

6.2 Sugestões de trabalhos futuros

Implementar a *TPM* na Effem do Brasil seria outro trabalho grande e desafiador. A *TPM* da empresa Andreas Sthil Motoserras é um excelente exemplo de implantação bem sucedida que foi possível observar *in loco*. Além deste caso, continuando a citar empresas do Rio Grande do Sul, a Albarus possui também uma implantação que serve de referência, conforme se pode concluir do trabalho de Sérgio Dias “Avaliação do Programa TPM em uma indústria metal-mecânica”, dissertação de mestrado defendida no Programa de Pós-graduação em Engenharia da Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul em 1997. A vantagem destas empresas é que no ramo metal-mecânico a mão-de-obra empregada na produção possui um nível de escolaridade mais elevado, normalmente com formação técnica. A Effem tem investido na formação das pessoas promovendo dentro da empresa cursos de primeiro e segundo grau e cursos de formação básica em mecânica e eletricidade. Na seleção de novos empregados já é exigido o segundo grau completo. Assim no futuro será possível implementar a *TPM* na empresa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - CB-03 Comitê Brasileiro de Eletricidade. **Termos Fundamentais de Eletricidade - NBR 5456 - TB 19**. Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. Rio de Janeiro, 1987.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - CB-03 Comitê Brasileiro de Eletricidade / CE 03:056.01 - Comissão de Estudos de Confiabilidade. **Confiabilidade e Manutenibilidade - NBR 5462**. Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. Rio de Janeiro, 1994.
- BELHOT, R. V., CAMPOS, F. C.. **Relações entre Manutenção e Engenharia de Produção : uma Reflexão**. Escola de Engenharia de São Carlos – EESC/USP. São Carlos, 1998.
- CAMPOS, V. F.. **Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)**. Fundação Christiano Ottoni - Escola de Engenharia – UFMG. Belo Horizonte, 1992.
- CENTRAL DE MANUTENÇÃO – CEMAN. **Manutenção Integrada**. Revista Qualimetria nro. 66 - Fundação Armando Alvares Penteado. DVS. São Paulo, Fevereiro de 1997.
- CENTRAL DE MANUTENÇÃO – CEMAN. **Engenharia de Manutenção**. Revista Qualimetria nro. 80 - Fundação Armando Alvares Penteado. DVS. São Paulo, Abril de 1998.
- CONTADOR, J. C. et al. **Gestão de Operações**. Fundação Carlos Alberto Vanzolini. Edgard Blücher. São Paulo, 1997.
- DIAS, S. L. V.. **Avaliação do Programa TPM em uma Indústria Metal-Mecânica do Rio Grande do Sul**. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção - PPGEP – UFRGS. Porto Alegre, 1997.
- EFFEM DO BRASIL INC. & CIA. – Departamento de Recursos Humanos. **Manual de Integração**. Porto Alegre, 1997.
- FRITSCH, C.. **Modelos de Confiabilidade para testes de Sobrevida**. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção – PPGEP – UFRGS. Porto Alegre, 1996.

- GIURLANI, S.. **Segurança e Manutenção : Binômio para a Eficiência Industrial.** Revista Manutenção nro. 63 – ABRAMAN. Rio de Janeiro, Março 1997.
- GUSMÃO, C. A.. **Índices de Desempenho da Manutenção: Um enfoque Prático.** Revista Manutenção nro. 57 – ABRAMAN. Rio de Janeiro, Março de 1996.
- HIGGINS, L. R.. **Maintenance Engineering Handbook (Fifth Edition).** Mc Graw Hill. New York, 1995.
- KELLY, A. & HARRIS, M. J.. **Administração da Manutenção Industrial.** Instituto Brasileiro do Petróleo – IBP. Rio de Janeiro, 1980.
- LEVITT, J.. **Managing Factory Maintenance.** Industrial Press Corp. New York, 1995.
- LOPES, C. A. C., COUTINHO, G. L., TAVARES, L. A. et al. **Apostila I do 4^o Curso de Gerência de Manutenção.** Associação Brasileira de Manutenção – ABRAMAN. Rio de Janeiro, 1995.
- LOPES, C. A. C., COUTINHO, G. L., TAVARES, L. A. et al. **Apostila do Curso Pesquisa Operacional em Manutenção.** Associação Brasileira de Manutenção – ABRAMAN. Rio de Janeiro, 1995.
- MIRSHAWKA, V.. **Manutenção Preditiva – Caminho para Zero Defeitos.** Makron Books. São Paulo, 1991.
- MIRSHAWKA, V. & OLMEDO, N. L.. **Manutenção Combate aos Custos da Não-Eficácia - A vez do Brasil.** Makron Books. São Paulo, 1993.
- MONCHY, F.. **A Função Manutenção - Formação para Gerência da Manutenção Industrial.** Editora Brasileira - Editora Durban. São Paulo, 1989.
- MOURA, F. P.. **Manutenção Produtiva Total ou Manutenção da Produtividade Total ?** Revista Manutenção nro. 59 – ABRAMAN. Rio de Janeiro, Julho de 1996.
- NAKAJIMA, S., SHIROSE, K. et al. **Total Productive Maintenance New Implementation Program in Fabrication and Assembly Industries.** Japan Institute of Plant Maintenance. Tokyo, 1996.
- NEPOMUCENO, L. X.. **Técnicas de Manutenção Preditiva - Volumes I e II.** Edgard Blücher. São Paulo, 1989.

- RAGGIO, J. P. Q., RIBEIRO, J. L. D.. **Análise de Tempos na Manutenção Corretiva.** Anais do Congresso Nacional de Engenharia de Produção. Associação Brasileira de Engenharia de Produção – ABEPRO. São Carlos, 1995.
- REVISTA MANUTENÇÃO E QUALIDADE – Equipe editorial. **Maior Disponibilidade.** Revista Manutenção e Qualidade nro. 2. Novo Pólo. Rio de Janeiro, Fevereiro de 1996.
- REVISTA SUPER HIPER. **Números Peludos.** Associação Brasileira de Supermercados – ABRAS. São Paulo, Abril de 1999.
- RIBEIRO, J. L. D.. **Apostila de Confiabilidade de Sistemas.** Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção – UFRGS. Porto Alegre, 1995.
- ROCHA, E. S. M. et al. **Gestão pela Qualidade Total em Produção.** Fundação Christiano Ottoni - Escola de Engenharia – UFMG. Belo Horizonte, 1996.
- RODRIGUES, C. V. & PEREIRA, G. G.. **A Situação da Manutenção no Brasil 1995 - Documento Nacional.** Associação Brasileira de Manutenção – ABRAMAN. Rio de Janeiro, 1995.
- RODRIGUES, C. V. & PEREIRA, G. G.. **A Situação da Manutenção no Brasil 1997 - Documento Nacional.** Associação Brasileira de Manutenção – ABRAMAN. Rio de Janeiro, 1997.
- RODRIGUES, C. V. & PEREIRA, G. G.. **A Situação da Manutenção no Brasil 1999 - Documento Nacional.** Associação Brasileira de Manutenção – ABRAMAN. Rio de Janeiro, 1999.
- SANTOS, I. S.. **Metodologia para Otimização da Manutenção de equipamentos e Sistemas.** Mestrado em Qualidade Unicamp – IMECC – UNICAMP. Campinas, 1996.
- SIEMENS S/A. **Manutenção Baseada em Confiabilidade.** Revista Manutenção e Qualidade nro. 7. Novo Pólo. Rio de Janeiro, Fevereiro de 1996.
- SILVA, A. O.. **Indústria ganha com manutenção planejada – chega de gambiarras.** Revista Produtos & Serviços nro. 291. Editora Banas. São Paulo, Março de 1999.
- SIQUEIRA, K. T.. **Critérios para a escolha de Sistema de Gerenciamento da Manutenção.** Revista Manutenção nro. 57 – ABRAMAN. Rio de Janeiro, Março de 1996.
- TAVARES, L. A.. **Excelência na Manutenção.** Casa da Qualidade. Salvador, 1996.

- TAYLOR R. W.. **Steps to Success for Computerized Maintenance.** Chemical Engineering Magazine. North Caroline, January 1999.
- UNITED NATIONS - United Nations Industrial Development Organization
Introduction to Maintenance Planning in Manufacturing Establishments.
New York, 1975.
- VERRATTI, A. B.. **Preditiva.** Revista Manutenção e Qualidade nro. 7. Novo Pólo. Rio de Janeiro, Fevereiro de 1996.
- VERRI, L. A.. **Gerenciamento pela Qualidade Total na Manutenção Industrial, Aplicação Prática.** Mestrado em Qualidade - IMECC – UNICAMP. Campinas, 1995.
- VIANNA, Manoel Coelho, BRANCO, G. F., RODRIGUES, C. V. et al.
Apostila II do 4^o Curso de Gerência de Manutenção. Associação Brasileira de Manutenção – ABRAMAN. Rio de Janeiro, 1995.
- WIREMAN, T.. **World Class Maintenance Management.** Industrial Press Inc. New York, 1990.

ANEXO 1

Relação de empresas participantes das pesquisas da ABRAMAN

Pesquisa ABRAMAN - 1995

Relação de empresas participantes da pesquisa por setor de atuação.

Açúcar , Álcool e Agropecuário:

Usina São José da Estiva, Usina Cruangi S.A., Usina Monte Alegre Ltda., Usina Barra de Lençóis Ltda., Destilaria de Álcool Serra Aimorés Ltda., Cooperativa Arrozeira Extremo Sul Ltda., Cooperativa Agropecuária Batavo.

Alimentos:

Buaiz S.A. Indústria e Comércio, Nechar Alimentos Ltda., Chocolates Garoto S.A., Companhia. Iguaçú de Café Solúvel, Indústrias Alimentícias Gerais S.A., Kibon, Refinações de Milho Brasil Ltda..

Automotivo:

Robert Bosch do Brasil S.A., Cofap - Companhia Fabricadora de Peças, Volkswagem do Brasil S.A., Volvo do Brasil Veículos Ltda., General Motors do Brasil Ltda., Marcopolo S.A. Carrocerias e Ônibus ,Yamaha Motor do Brasil Ltda., Mercedes Benz do Brasil S.A., Siemens Automotive S.A..

Cimento:

Camargo Côrrea Industrial S.A., Companhia Cearense de Cimento Portland, Companhia Cimento Portland Paraíso, Companhia Cimento Portland Rio Branco, Cimento e Mineração Bagé S.A., Cimento Votoran S.A., Ciminias - Cimento Nacional de Minas S.A., Cimento Itambé, Cimento Poty da Paraíba S.A..

Elétrico:

Light Serviços de Eletricidade S.A., CEAM - Companhia Energética do Amazonas, CEB - Companhia Elétrica de Brasília, CEMAT - Companhia Energética do Mato-Grosso, CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais, ELETROPAULO - Eletricidade de São Paulo S.A., CESP - Companhia Energética de São Paulo, ELETROSUL - Central Elétrica Sul Brasil, ENERSUL - Empresa Energética Sul, COELBA - Companhia Elétrica da Bahia, FURNAS - Centrais Elétricas S.A, Itaipu Binacional, COPEL - Companhia Paranaense de Energia, CHESF - Companhia Hidroelétrica do São Francisco.

Eletro-eletrônica:

Alcatel Telecomunicações S.A., NEC do Brasil S.A., Philips da Amazônia S.A., Itautec Philco S.A., Siemens S.A. - Unidade de Jundiaí, Icotron Indústria de Componentes Eletrônicos, Equitel S.A..

Farmacêutico:

Aché Laboratórios Farmacêuticos S.A., Produtos Roche Química e Farmacêutica S.A., Indústria Biológica e Farmacêutica Amazônia S.A., Sanofi Winthrop Farmacêutica Ltda., Bristol - Myers Squiss Brasil S.A., Indústria Química Farmacêutica Shering - Plough, Laboratórios Silva Araújo Roussel S.A..

Fertilizantes:

Adubos Trevo S.A., Copas - Companhia Paulista de Fertilizantes, Defesa Indústria de Defensivos Agrícolas S.A., Defer S.A., Fertilizantes Nitrogenados NE S.A..

Hospitalar:

Fundação Hospitalar do Distrito Federal, Fundação Oswaldo Cruz, Hospital Infantil Lucídio Portela, Hospital Pedro Ernesto, Hospital Universidade Clementino Fraga Filho, Hospital Evangélico.

Máquinas e Equipamentos:

Carbono Lorena S.A., Indústrias ROMI Ltda., SR Eletro-Mecânica Ltda., Movitec Compressores de Processo, WEG Motores Ltda., Siemens S.A..

Metalúrgico:

Alcoa Alumínio S.A., Andreas Stihl Motoserras Ltda., Companhia Mineira de Metais, FMB Produtos Metalúrgicos Ltda., Sade Vigesa S.A..

Mineração:

Mamoré Mineração e Metalúrgica, Minas da Serra Geral S.A., Companhia Vale do Rio Doce, Mineração Socoimex Ltda., Rio Paracatu Mineração S.A., São Bento Mineração S.A..

Papel e Celulose:

Aracruz Celulose S.A., Celulose Nipo Brasileira S.A., Jari - Celulose S.A., Pisa Papel Imprensa S.A., Ripasa S.A. Celulose e Papel, Riocel S.A., Votorantin Celulose e Papel S.A., Trombini Embalagens S.A..

Petróleo:

Petrobras - Cenpes, Recap, Rlan, Dtnest, Dtse, Revap, Dtsul, Fronape, Reduc, Reman, Rpne, Rpnc, Regap, Replan, Dies, Rpse, Refinaria de Petróleo de Manguinhos, Superintendência da Industrialização do Xisto, Reman, E&P Amazônia, Rpba.

Petroquímico:

Deten Química S.A., Oxiteno Nordeste S.A. Indústria e Comércio, Politeno Indústria e Comércio S.A., Petroflex Indústria e Comércio S.A., Petroquímica União S.A., Copesul - Companhia Petroquímica do Sul, Petroquímica Triunfo S.A..

Plásticos e Borrachas:

Vulcan Material Plástico S.A., Akros Industrial de Plásticos Ltda., Itap S.A., Pirelli da Bahia S.A..

Prestação de Serviços:

CEMAN - Central de Manutenção de Camaçari, Cetest Minas S.A. - Ar Condicionado, Coninstech Controle, Aplicação e Construção Ltda., Electra Comércio e Instalações Ltda. - ME, Semapi do Brasil Ltda., Engin S.A. - Engenharia Industrial, Gevisa S.A., Emac Engenharia de Manutenção Ltda., Expander Manutenção Ltda., Companhia Eletro-mecânica Celma, Thorga Engenharia Industrial Ltda., Climatec Engenharia e Indústria Ltda..

Químico:

Copebras S.A., Explo Industrial Química Explosivos S.A., Fábrica Carioca de Catalisadores, Henkel S.A. Indústrias Químicas, Ciba-Geigy da Bahia S.A., Cyanamid Química do Brasil Ltda., Indústrias Químicas Resende S.A., Merck S.A., Degussa S.A., Basf Brasileira S.A., 3M do Brasil Ltda., Pan Americana S.A., Uniroyal Química S.A., Rhodiaco Indústrias Químicas Ltda., Rhodia S.A. - Usina Química de Paulínia, Tintas Coral S.A., Tintas Renner São Paulo S.A..

Saneamento:

Companhia de Saneamento do Paraná, Companhia de Águas e Esgotos do Amapá, Companhia de Saneamento de Minas Gerais, Companhia Riograndense de Saneamento, Companhia de Águas e Esgotos de Brasília.

Siderúrgico:

Aços Villares - Usina Pinor, Sibra Eletrosiderúrgica Brasileira S.A., Usina Siderúrgica Minas Gerais, Cosipa - Companhia Siderúrgica Paulista, Companhia Siderúrgica Belgo Mineira, Aços Villares S.A., Companhia Siderúrgica Nacional.

Têxtil:

Fiação Nordeste do Brasil S.A., Hering Têxtil S.A., Companhia Têxtil Karsten, Rhodia - Unidade Têxtil São Bernardo do Campo, Companhia de Fiação e Tecidos Cedro Cachoeira, Linhas Corrente Ltda., Fiação e Tecelagem São José S.A..

Transporte:

Líder Táxi Aéreo S.A., Rede Ferroviária Federal S.A., Votec Táxi Aéreo S.A., Consórcio Paulista Transportadora por Ônibus, Companhia do Metropolitano do Rio de Janeiro, Companhia do Metropolitano de São Paulo, Empresa Trens Urbanos Porto Alegre S.A., Companhia de Transporte Coletivo, Companhia Brasileira de Trens Urbanos - STU/BH.

Outros setores que não atingiram o número mínimo necessário à pesquisa:

Bebidas e Fumos:

Companhia Cervejaria Brahma.

Construção Civil:

Concic Engenharia S.A., Construtora Tratex S.A..

Couro e Calçados:

Curtume Açay S.A..

Madeira e Móveis:

Indústrias Madeirit S.A., Móveis Carraro S.A..

Material de Transporte:

Mafersa S.A., Fiat Allis Latino Americana S.A..

Outros:

Zero Hora Editora Jornalística S.A..

Serviços Públicos:

Banco do Brasil S.A..

Vidro e Cerâmica:

Companhia Brasileira de Cristal, Celite S.A. Indústria e Comércio de Cerâmica.

Pesquisa ABRAMAN - 1997

Relação de empresas participantes da pesquisa por setor de atuação.

Açúcar , Álcool e Agropecuário:

Usina Monte Alegre Ltda., Cooperativa Arrozeira Extremo Sul Ltda., Usina Santa Eliza S.A., Cooperativa Agropecuária Holambra, Cargil S.A., Companhia Geral de Melhoramentos de Pernambuco, Cooperativa Central dos Produtores Rurais de Minas Gerais Ltda., Coamo - Cooperativa Agropecuária Mourãoense Ltda..

Alimentos:

Chocolates Garoto S.A., Chapecó - Companhia Industrial de Alimentos.

Automotivo:

Cofap - Companhia Fabricadora de Peças, Volvo do Brasil Veículos Ltda., Marcopolo S.A. Carrocerias e Ônibus ,Yamaha Motor do Brasil Ltda., Mercedes Benz do Brasil S.A., Iochpe - Maxion S.A., Ford do Brasil S.A., Komatsu do Brasil S.A., Eaton Ltda. - Divisão Transmissões, Metal Leve S.A., Caterpillar do Brasil Ltda., Albarus Transmissões Homocinéticas.

Bebidas e Fumos:

Indústrias Muller de Bebidas Ltda., Cervejaria Kaiser Brasil Ltda., Rio de Janeiro Refrescos - RJR.

Cimento:

Companhia Cimento Portland Paraíso, Companhia de Cimento Portland Itaú (MG), Companhia de Cimento Portland Itaú (Fábrica de São José da Lapa), Companhia de Cimento Portland Itaú (Corumbá), Companhia de Cimento Portland Gaúcho S.A., Holdercim Brasil S.A..

Construção Civil:

C.R. Almeida S.A. - Engenharia e Construções, Constran S.A. - Construções e Comércio.

Couro e Calçados:

Artur Lange S/A - Ind. e Comércio, Calçados Itapuã.

Eletricidade:

CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais, ENERSUL - Empresa Energética do Mato Grosso do Sul, COELBA - Companhia Elétrica da Bahia , FURNAS - Centrais Elétricas S.A., Itaipu Binacional, CHESF - Companhia Hidroelétrica do São Francisco, CEPEL - Centro de Pesquisa de Energia Elétrica.

Eletro-eletrônica:

Asea Brown Boveri Ltda.

Farmacêutico:

Produtos Roche Química e Farmacêutica S.A., Smithkiline Beecham Laboratórios Ltda..

Fertilizantes:

Petrobras - Fábrica de Fertilizantes Nitrogenados - FAFEN-SE, Petrobras - Fábrica de Fertilizantes Nitrogenados - FAFEN- BA.

Hospitalar:

Hospital Universidade Clementino Fraga Filho, Hospital Universitário Júlio Muller, Hospital do Sanatório Sírio - Hospital do Coração, UFMG - Divisão de Manutenção do Campus Saúde.

Máquinas e Equipamentos:

WEG Motores Ltda., Rockwell do Brasil, TI Brasil Indústria e Comércio Ltda. - Divisão John Crane, Spirax Sarco Indústria e Comércio Ltda., Elevadores Otis Ltda., Eluma Conexões S.A., Voith S.A. Máquinas e Equipamentos, Rheem - Empreendimentos Industriais e Comerciais S.A..

Metalúrgico:

Alcan Alumínio do Brasil S.A., Andreas Stihl Motoserras Ltda., Caraíba Metais S.A., Ansaldo Coensa S.A., Krupp Metalúrgica Campo Limpo S.A..

Mineração:

Minas da Serra Geral S.A., Rio Paracatu Mineração S.A., Mineração Morro Velho Ltda., Mineração Brasileiras Reunidas S.A. - MBR, Ferteco Mineração S.A., Companhia Ítalo - Brasileira de Pelotização.

Papel e Celulose:

Aracruz Celulose S.A., Celulose Nipo Brasileira S.A., Klabin Fabricadora de Papel e Celulose S.A., Celpave Celulose e Papel Ltda..

Petróleo:

Petrobras - Rlam, Dtnest, Dtse, Revap, Regap, Rpbcc, Petrobras - Exploração e Produção (São Mateus), Exploração e Produção (Bacia de Campos), Reduc, Dtcs.

Petroquímico:

Deten Química S.A., Politeno Indústria e Comércio S.A., Petroquímica Triunfo S.A., Polibrasil Polímeros S.A., Polialden Petroquímica S.A..

Plásticos e Borrachas:

Pirelli Pneus S.A., Dixie Toga S.A.- Divisão Flexíveis, Plásticos Müller Indústria e Comércio S.A., Tubos e Conexões Tigre S.A..

Prestação de Serviços:

Terotec - CPS Comércio de Produtos e Serviços Ltda., Climtec Engenharia e Serviços Ltda., Emac - Engenharia de Manutenção Ltda., Cetrel S.A. Empresa de Proteção Ambiental, Trafo Power Engenharia e Manutenção Ltda., Elmec - Engenharia Ltda., ERGOSERVICE Serviços e Manutenção Ltda., Araújo Abreu Engenharia S.A., Montec - Montagem, Construção, Indústria e Comércio, WH Engenharia Rj Ltda..

Químico:

Fábrica Carioca de Catalisadores, Basf S.A. - Divisão de Tintas e Vernizes, 3M do Brasil Ltda. (unidade de Araraquara), 3M do Brasil Ltda. (unidade de Campinas), Rhodiaco Indústrias Químicas Ltda., Defesa - Indústria de Defensivos Agrícolas, Pólo Indústria e Comércio Ltda., Procter e Gamble Industrial e Comercial Ltda..

Saneamento:

Companhia de Saneamento do Paraná - Sanepar, Empresa Bahiana de Águas e Esgotos, Águas e Esgotos do Piauí.

Siderúrgico:

Usiminas - Usina Siderúrgica Minas Gerais, Belgo Mineira Participação - Indústria e Comércio Ltda., Companhia Siderúrgica Nacional, Mannesmann S.A., Companhia Siderúrgica de Tubarão, Companhia Siderúrgica Pains, Companhia de Aços Especiais Itabira S.A..

Têxtil:

Companhia de Fiação e Tecidos Cedro - Cachoeira (Unidade Sete Lagoas), Fiação e Tecelagem São José S.A., Vicunha Nordeste S.A., Companhia de Tecidos Santanense, Lupo S.A..

Transporte:

Companhia do Metropolitano do Rio de Janeiro, Companhia do Metropolitano de São Paulo, Empresa Trens Urbanos Porto Alegre S.A..

Vidro e Cerâmica:

Celite S.A. Indústria e Comércio de Cerâmica, Incepa - Indústria Cerâmica Paraná S.A., Cerâmica Portobello S.A..

Outras empresas que responderam a pesquisa e que não puderam ser classificadas:

- 1.Zero Hora Editora Jornalística S.A.
- 2.Bettanin Industrial S.A.
- 3.Companhia Docas do Ceará
- 4.Iate Clube do Rio de Janeiro
- 5.Petrobras - Centro de Pesquisa Leopoldo A. Miguez de Mello
- 6.Editora O DIA Ltda.
- 7.Condomínio World Trade Center
- 8.Hotéis OTHON S.A.

Pesquisa ABRAMAN - 1999**Relação de empresas participantes da pesquisa por setor de atuação.****Açúcar , Alimentos, Bebidas e Fumo:**

Usina Monte Alegre Ltda., Indústria Gessy Lever Ltda., Cooperativa Agrícola Mista Vale do Piquiri Ltda., Polenghi – BG Brasil Indústrias Alimentícias Ltda.,

Cooperativa Central de Laticínios Ltda., Spaipa S.A. – Indústria Brasileira de Bebidas, Companhia de Cítricos do Brasil, Indústrias Muller de Bebidas Ltda., Universal Leaf Tabacos Ltda..

Cimento e Cerâmica:

Magnesita S.A., Holdercim Brasil S.A., SOEICOM S.A. – Sociedade de Empreendimentos Industriais, Comerciais e Mineração, Companhia de Cimento Itambé.

Eletricidade e Energia:

CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais, Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia, LINTRA – Linhas de Transmissão Ltda., FURNAS - Centrais Elétricas S.A., Itaipu Binacional, ELETRONORTE – Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A.

Eletro-eletrônica:

Multibras S.A. Eletrodomésticos (Unidade São Bernarndo do Campo), Kyocera Yashica do Brasil Ind. e Com Ltda., Sharp do Brasil Ltda., Multibras S.A. Eletrodomésticos (Unidade Joinvile).

Engenharia, Prestação de Serviços, Construção e Saneamento:

TRAFO Equipamentos Elétricos Ltda., Araújo Abreu Engenharia S.A., WH Engenharia RJ Ltda., WH Engenharia SP Ltda., Empresa Industrial Técnica S.A., Tecnoved Seal – Tecnologia em Vedações Industriais, SABESP – Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo.

Farmacêutico:

Produtos Roche Química e Farmacêutica S.A., Novartis Biociências S.A., Eli Lilly do Brasil Ltda., Laboratórios Stiefel Ltda..

Hospitalar:

Hospital Universitário – Universidade de São Paulo, Hospital Universitário Clementino Fraga Filho, Hospital Universitário Júlio Muller, Real Sociedade Espanhola de Beneficência, Associação do Sanatório Sírio - Hospital do Coração, Hospital de Clínicas de PortoAlegre, Associação Congregação Santa Catarina, Monte Tabor – Centro Ítalo-Brasileiro de Promoção Sanitária (Hospital São Rafael), Sociedade Beneficente de Curitiba.

Máquinas e Equipamentos:

WEG Motores Ltda., Voith S.A. Máquinas e Equipamentos – Unidade Voith Hidro, Voith S.A. Máquinas e Equipamentos – Mecânica Pesada, Voith S.A. Máquinas e Equipamentos – Unidade PGF /Voith Sulzer, Singer do Brasil Indústria e Comércio Ltda..

Metalúrgico e Mineração:

Krupp Metalúrgica Campo Limpo S.A., MBR – Minerações Brasileiras Reunidas, Schulz S.A., Bitzer Compressores Ltda., Guarany Indústria e Comércio Ltda., Camargo Correa Metais S.A., Incometal S.A. Indústria e Comércio, Metalúrgica Matarazzo S.A..

Material de Transporte:

Sachs Automotive Brasil Ltda., Eaton Ltda. – Divisão de Transmissões, Monroe Auto Peças S.A., Sociedade Michelin de Participações Indústria e Comércio Ltda..

Papel e Celulose:

Embras – Embalagens Brasil Indústria e Comércio Ltda., Aracruz Celulose S.A., Celulose Nipo-Brasileira S.A., Klabin Fabricadora de Papel e Celulose S.A., Ripasa S.A. Celulose e Papel, Votorantim Celulose e Papel, IBEMA Companhia Brasileira de Papel, Bahia Sul Celulose S.A..

Petróleo:

Refinaria de Petróleo Ypiranga, Petrobras – Replan, Regap, E&P – ES, E&P – RN/CE, Rpbcc.

Petroquímico:

Trikem S.A., Nitrocarbono S.A., Politen Indústria e Comércio S.A., Petroquímica Triunfo S.A., COPESUL – Companhia Petroquímica do Sul, Oxiteno Nordeste S.A. Indústria e Comércio, CIQUINE – Companhia Petroquímica, Acrinor – Acrilonitrila do Nordeste S.A., OPP Polietilenos S.A..

Plásticos e Borrachas:

Tigre S.A. – Tubos e Conexões (Unidade Joinvile), Tigre S.A. – Tubos e Conexões, Nobelplast Embalagens Ltda., BAPLASTIC – Bahia Plásticos Industriais Ltda., AKROS S.A., Standard Products Brasil - Indústria e Comércio Ltda., Pirelli Pneus S.A..

Predial e Hotelaria:

INFRAERO – Empresa Brasileira de Infra-estrutura Aeroportuária, Condomínio Centro-empresarial de São Paulo, Associação de Proprietários e Locatários de Edifício Ernesto Geisel, Hotelaria Accor do Brasil Ltda., Iate Clube do Rio de Janeiro.

Químico:

Rhodia Indústrias Químicas Ltda., Comitê Martins Gases Industriais Ltda., AKZO Novel Coatings Ltda., Companhia Nacional de Alcális, Pan-americana S.A. – Indústria Química, Bombril Sírio S.A., Basf S.A., Union Carbide Química S.A., AKZO Novel Ltda. – Divisão de Tintas Imobiliárias.

Siderúrgico:

Usiminas - Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais, Belgo Mineira Participação S.A., CSN - Companhia Siderúrgica Nacional, CST- Companhia Siderúrgica de Tubarão, Villares Metals S.A..

Têxtil:

Companhia Agropecuária Goioerê Ltda., Dupont do Brasil S.A., Vicunha Nordeste S.A. – Unidade I.

Transporte:

Ferrovia Tereza Cristina S.A., Companhia do Metropolitano de São Paulo, COMAB - Transportes Marítimos da Bhia Ltda., OPPORTRANS – Concessão Metroviária S.A. – Metrô RIO.

Outros setores que não atingiram o número mínimo necessário à pesquisa:

Madeira e Móveis:

Móveis Carraro S.A.

ANEXO 2

Exemplo de Requisição de Serviço de Manutenção

DEFEITOS ENCONTRADOS				
SOLUÇÃO TOMADA				
MATERIAL UTILIZADO				
DESCRIÇÃO	DTDE.	DESCRIÇÃO	QTDE.	
MÃO-DE-OBRA APLICADA				
DATA	INICIO	NÚMERO DO CARTÃO-PONTO	FIM	TOTAL DE HORAS
TRABALHO ACEITO:				