

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

**METODOLOGIA PARA INOVAÇÃO DA
GESTÃO DE MANUTENÇÃO INDUSTRIAL**

Tese submetida à Universidade Federal de Santa Catarina
para a obtenção do grau de
DOUTOR EM ENGENHARIA MECÂNICA

Fernando Félix Espinosa Fuentes

Florianópolis, Outubro 2006.

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

**METODOLOGIA PARA INOVAÇÃO DA GESTÃO DE
MANUTENÇÃO INDUSTRIAL**

FERNANDO FÉLIX ESPINOSA FUENTES

Esta tese foi julgada para a obtenção do título de

DOUTOR EM ENGENHARIA

ESPECIALIDADE ENGENHARIA MECÂNICA

Sendo aprovada em sua forma final.

Fernando Cabral, Ph.D.
Coordenador do PPGEM - UFSC

Acires Dias, Dr. Eng.
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
ORIENTADOR

Nelson Back, Ph.D.
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
CO-ORIENTADOR

BANCA EXAMINADORA

Acires Dias, Dr. Eng.
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Presidente

Gilberto Francisco Martha e Souza, Dr. Eng.
Universidade de São Paulo - USP
Relator

Kátia Lucchesi Cavalca Dedini, Dra. Eng.
UNICAMP

Osmar Possamai, Dr. Eng.
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

André Ogliari, Dr. Eng.
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

También se os ha dicho que la vida es oscuridad, y en vuestro cansancio, repetís lo que aquellos cansados os dijeran.

Y yo os digo que la vida es en verdad oscuridad, excepto donde hay un anhelo.

Y todo anhelo es ciego, excepto cuando hay saber.

Y todo saber es vano, excepto cuando hay trabajo.

Y todo trabajo es inútil, excepto cuando hay amor.

Y cuando trabajáis con amor, os integráis a vosotros mismos, y el uno al otro, y a Dios.

Gibran Khalil Gibran

A toda mi familia que siempre está presente en mi corazón

Fernando

La búsqueda del conocimiento inevitablemente pasa por el encuentro de un nuevo amigo.

Mi eterna gratitud para mis profesores orientadores Acires Dias y Nelson Back por el gran afecto y apoyo que me brindaron, y para todos los integrantes del NEDIP por tan cálida acogida.

RESUMO

Entre as funções administrativas e operacionais as mais relevantes são a produção e a manutenção já que, em conjunto, têm que entregar os produtos ou serviços no tempo indicado, com a qualidade solicitada e a quantidade projetada. Devido a isso a manutenção assume uma importância estratégica na estrutura das empresas com reflexos diretos ao nível de operação e logística. Muitas empresas estão conscientes dos desafios e têm implementado políticas ou estratégias de gestão visando dar à função manutenção importância igual às outras funções da organização.

As empresas brasileiras e, porque não dizer as empresas latino-americanas, têm manifestado forte preocupação com a melhoria dos recursos físicos e humanos no contexto da manutenção. A necessidade de aumentar a disponibilidade operacional vem sendo impulsionada pelos requisitos de produtividade, aumento da qualidade, competitividade, abertura de mercados, entre outros. Ocorre, porém, que há fortes limites de investimento, tem-se um parque industrial envelhecido (vida média 15 – 25 anos) cuja indisponibilidade de 12% a 15% é, em média, o dobro da operada nas empresas das nações economicamente desenvolvidas. Pergunta-se, então: porque as empresas têm tido dificuldade de melhorar sua disponibilidade operacional apesar dos investimentos em capacitação e modernização? As hipóteses levantadas para responder a esta pergunta estão relacionadas com restrições no campo da gerência de ativos, nos recursos metodológicos apropriados, nos recursos computacionais, na capacitação integrada à cultura do “chão de fábrica” e na pesquisa científica apropriada às necessidades da operação e manutenção.

Fundamentado nessas hipóteses apresenta-se neste trabalho uma metodologia para a identificação de concepções da manutenção e para apoiar as decisões e implementação da inovação da gestão da manutenção, levando em consideração a situação atual da organização em relação aos aspectos tecnológicos, recursos humanos, processo produtivo e organizacional, quanto às metodologias para gestão da manutenção. A metodologia apresenta uma estrutura de conhecimento suportada por um software, que considera as bases de informação sobre os ativos técnicos e humanos, para a função manutenção no contexto industrial. Identifica o estágio atual do sistema de manutenção da empresa em relação a um referencial teórico e indica o quanto é preciso investir para implementar a gestão selecionada, no horizonte de dois ou de quatro anos.

Palavras-chaves: Gestão da Manutenção, Modelagem, Concepção de Manutenção, Inovação da Manutenção.

ABSTRACT

Production and maintenance are among the most relevant functions of an industrial concern with a view to delivering products and services on time, with appropriate quality and quantity. Consequently, maintenance assumes strategic importance within a company's structure that is reflected in both logistics and in operations. Many firms, aware of the relevance of maintenance to the strategic goals of the enterprise, have implemented policies aimed at giving maintenance the same importance as other functions within the organization.

Brazilian and other Latin American companies have revealed notable apprehension regarding upgrading the physical and human resources in the maintenance context. The need for maximizing up-time is due to productivity requirements, quality concerns, overall competitiveness, market presence and other factors. However, investment is limited and the aged industrial equipment, with an average age of 15-25 years, has a down-time of 12-15%, double that of economically developed nations. One might therefore ask why companies have had difficulties in improving operational availability despite investment in training and plant modernization. Our hypothesis is that restrictions in asset management, inappropriate methodological and computational resources, the lack of a shop floor culture and inadequate research are the causes of this difficulty.

In this work it is developed a methodology for identification of maintenance concepts to support maintenance management innovation, considering technological and human resource aspects of the current organizational structure.

The methodology presents a knowledge structure supported by a software, which considers both physical and human resource assets having a bearing on the maintenance function and on the industrial context. This is based on a sequential model characterizing the performance of the maintenance functions, its characteristics and performance levels.

Key-words: Maintenance Management, Modeling, Maintenance Conception, Maintenance Innovation.

LISTA DE NOMENCLATURAS

- ABRAMAN: Associação Brasileira de Manutenção
- BBM: *Behavior-Based Maintenance* (Manutenção Baseada no Comportamento)
- BSC: *Balanced Scorecard* (Indicadores de Desempenho Balanceados)
- CMMS: *Computer Maintenance Management Systems* (Software para sistema de gestão de manutenção)
- EI: *Employees Integration* (Integração do Pessoal)
- FIESP: Federação de Indústrias do Estado de São Paulo
- FMEAC: *Failure Mode Effect and Criticality Analysis* (Análise dos Modos de Falha, Efeito e Criticidade)
- FOFA: Forças, Oportunidades, Franquezas e Ameaças (S.W.O.T)
- GdF: Garantia de Funcionamento
- IC: Inspeção Contínua
- IDEF0: *Integration Definition for Function Modeling* (Modelo funcional para definição integrada)
- ILS/LSA: *Integrated Logistic Support/Logistic Support Analysis* (Suporte logístico integrado/análise do suporte logístico)
- IMMS: *Intelligent Maintenance Management Systems* (Sistema de gestão de manutenção inteligente)
- JIPM: *Japanese Institute Plant Maintenance* (Instituto japonês de planejamento de manutenção)
- JIT: Produção *Just-in-Time*
- LAAS: *Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes*
- LCC: *Life Cycle Costing* (Custo do ciclo de vida)
- MBC: Manutenção Baseada na Condição
- MBD: Manutenção Baseada na Detecção
- MBF: Manutenção Baseada na Falha
- MBN: Manutenção Baseada no Negócio
- MBO: Manutenção Baseada na Oportunidade
- MBU: Manutenção Baseada no Uso
- MCC: Manutenção Centrada na Confiabilidade
- MO: Manutenção de Oportunidade
- MOB: Mão de Obra

MP: Manutenção Preventiva
MPT: Manutenção Produtiva Total
MSP: Manutenção sob Especificação
MTF: Manutenção de Tempo Fixo
OAF: Operar Até a Falha
OEE: *Overall Equipment Effectiveness* (Efetividade global do equipamento)
OOMM: *Object/Objective Management Maintenance* (Objeto/objetivo da gestão de manutenção)
PDCA: Planejar, Fazer, Checar, Atuar
PGdF: Programa para a Garantia de Funcionamento
PPM: Projeto para Manufatura
RBM: *Risk Based Maintenance* (Manutenção Baseada no Risco)
SAP: *Systems Applications and Products in Data Processing* (Sistema para aplicação e processamento de dados de produtos)
SMC: *Strategic Maintenance Conception*
S.I.A: Sistema de Informação Administrativo
SSCM: Sistemática de Seleção de Concepção de Manutenção
TFI: Inspeção de Tempo Fixo
TPM: *Total Productive Maintenance* (Manutenção Produtiva Total)
TQM: Administração Total da Qualidade
TQMain: *Total Quality Maintenance* (Manutenção para a qualidade total)
 $Cr_{1,j}$: Média do atendimento / Impacto (M/I)
 MA_j : Média do atendimento por equipamento
 $IP_{i,j}$: Criticidade dos equipamentos da linha
 $Cr_{2,j}$: Criticidade / valor investimento (C/V)
 $CRIT_j$: Criticidade dos equipamentos da linha
 CE_j : Valor do investimento (US\$)
 $Cr_{3,j}$: Ordem das prioridades para a implementação
 GM_i : Nível atual da maturidade
 $imp_{i,j}$: Número de impactos

SUMÁRIO

RESUMO	i
ABSTRACT	ii
LISTA DE NOMENCLATURAS	iii
SUMÁRIO	v
LISTA DE FIGURAS	ix
CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO AO TEMA	1
1.1 INTRODUÇÃO	2
1.2 OBJETIVO	6
1.2.1 Objetivos específicos	7
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO	7
1.4 O CONTEXTO DA TESE	8
CAPÍTULO 2 MODELOS DE CONCEPÇÃO DE MANUTENÇÃO E MODELOS PARA ANÁLISE DA SITUAÇÃO DA GESTÃO	13
2.1 INTRODUÇÃO	14
2.2 INOVAÇÃO DA FUNÇÃO DE MANUTENÇÃO	15
2.3 CONCEPÇÃO DE MANUTENÇÃO PARA UM SISTEMA INDUSTRIAL	21
2.4 PRINCIPAIS CONCEPÇÕES DE MANUTENÇÃO: ESTADO DA ARTE	25
2.4.1 Manutenção Centrada na Confiabilidade – MCC	26
2.4.2 Manutenção Produtiva Total – TPM	29
2.4.3 Manutenção Baseada no Risco - RBM	31
2.4.4 Resumo comparativo de diversas concepções de manutenção	32
2.5 EXPERIÊNCIAS NA APLICAÇÃO DAS CONCEPÇÕES DE MANUTENÇÃO	36
2.6 MODELOS PARA A ANÁLISE DA SITUAÇÃO DA FUNÇÃO DE MANUTENÇÃO	39
2.6.1 Modelo para análise da maturidade da função manutenção	40
2.6.2 Modelo para a análise da situação da gestão de manutenção	44
2.6.3 Diagrama de causalidade para avaliação técnica e definição de estratégias	47
2.7 COMENTÁRIOS	49
CAPÍTULO 3 MODELAGEM DO PROCESSO DE SELEÇÃO DA CONCEPÇÃO DE MANUTENÇÃO	53
3.1 INTRODUÇÃO	54

3.2 MODELAGEM DO PROCESSO DE ANÁLISE DA SELEÇÃO DA CONCEPÇÃO DE MANUTENÇÃO	55
3.2.1 Modelo conceitual	55
3.2.2 Modelo de avaliação para a implementação das concepções	57
3.3 DEFINIÇÃO DOS ANTECEDENTES PARA CADA PASSO DA METODOLOGIA	61
3.3.1 Identificação e caracterização da empresa	62
3.3.2 Nível de atendimento aos requisitos pelos equipamentos produtivos, manutenção, produção e logística	63
3.3.3 Análise detalhada da situação atual da função manutenção	67
3.3.4 Análise da maturidade da organização	69
3.3.5 Análise da criticidade dos equipamentos e da função manutenção	71
3.3.6 Análise dos parâmetros e seleção da concepção da manutenção	73
3.3.7 Análise econômica das alternativas de manutenção	77
3.4 PROCESSO DE APLICAÇÃO DA METODOLOGIA	78
3.4.1 Hierarquização dos investimentos no parque de equipamentos	81
3.4.2 Hierarquização das atividades relacionadas com o melhoramento da maturidade da organização para a manutenção	84
3.4.3 fatores chave de sucesso na implementação das estratégias de manutenção	87
3.5 COMENTÁRIOS	89
CAPÍTULO 4 IMPLEMENTAÇÃO COMPUTACIONAL DA METODOLOGIA E ANÁLISE DOS RESULTADOS	93
4.1 INTRODUÇÃO	94
4.2 ESTRUTURA DA IMPLEMENTAÇÃO COMPUTACIONAL	94
4.3 IMPLEMENTAÇÃO DA ANÁLISE DA INFORMAÇÃO FORNECIDA	95
4.4 IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA	97
4.5 NÍVEL DE ATENDIMENTO AOS REQUISITOS PELOS EQUIPAMENTOS PRODUTIVOS, MANUTENÇÃO, PRODUÇÃO E PELA LOGÍSTICA	98
4.6 ANÁLISE DETALHADA DA GESTÃO ATUAL DA FUNÇÃO MANUTENÇÃO	102
4.7 ANÁLISE DA MATURIDADE DA ORGANIZAÇÃO	104
4.8 ANÁLISE DA CRITICIDADE DOS EQUIPAMENTOS E DA FUNÇÃO MANUTENÇÃO	110

4.9 DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DE SELEÇÃO DA CONCEPÇÃO DE MANUTENÇÃO	113
4.10 ANÁLISE ECONÔMICA DAS ALTERNATIVAS SELECIONADAS	120
4.11 COMENTÁRIOS	124
CAPÍTULO 5 MODELO DE MONITORAMENTO, CONTROLE E PLANEJAMENTO DA APLICAÇÃO DA CONCEPÇÃO DE MANUTENÇÃO	127
5.1 INTRODUÇÃO	128
5.2 GARANTIA DE FUNCIONAMENTO	128
5.3 INDICADORES DE EFICIÊNCIA	131
5.4. PROGRAMA COMPUTACIONAL PARA A APLICAÇÃO DA GARANTIA DE FUNCIONAMENTO	136
5.4.1 Módulo inicial	137
5.4.2 Indicador de confiança no equipamento	138
5.4.3 Indicador de eficiência da manutenção	140
5.4.4 Indicador de acesso ao equipamento	142
5.4.5 Indicador de segurança do equipamento	143
5.4.6 Índice global	144
5.4.7 Indicador de melhoria no equipamento	146
5.4.8 Indicador da qualidade da manufatura	147
5.4.9 Indicador da eficiência no custo	148
5.4.10 Informações complementares do programa	148
5.5 COMENTÁRIOS	149
CAPÍTULO 6 PROCESSO DE VALIDAÇÃO, CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	153
6.1 INTRODUÇÃO	154
6.2 PROCESSO DE VALIDAÇÃO DA SISTEMÁTICA	155
6.3 CONCLUSÕES	159
6.4 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS	161
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	162
ANEXO A DOCUMENTAÇÃO DA SISTEMÁTICA	170
A1. FLUXOGRAMA DA SISTEMÁTICA	171
A2 IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA	174
A2.1 Processo de diagnóstico	174

A2.2 Percepção global da caracterização	174
A3 NÍVEL DE ATENDIMENTO AOS REQUISITOS PELOS EQUIPAMENTOS PRODUTIVOS, PELA MANUTENÇÃO, PRODUÇÃO E LOGÍSTICA	180
A3.1 Processo de diagnóstico	181
A3.2 Resumo do nível de atendimento aos requisitos pelos equipamentos produtivos, pela manutenção, produção e logística	181
A4 ANÁLISE DETALHADA DA SITUAÇÃO ATUAL DA FUNÇÃO MANUTENÇÃO EM RELAÇÃO COM O SERVIÇO FORNECIDO NA EMPRESA	182
A4.1 Processo de diagnóstico	182
A4.2 Resumo da análise detalhada da situação atual da função manutenção	183
A5 RESUMO DA ANÁLISE DA MATURIDADE PARA FUNÇÃO MANUTENÇÃO	183
A5.1 Processo de diagnóstico	183
A6 ANÁLISE DA CRITICIDADE DOS EQUIPAMENTOS E DA FUNÇÃO MANUTENÇÃO	185
A6.1 Processo de diagnóstico	185
A6.2 Relatório para análise da criticidade dos equipamentos	186
A7 ANÁLISE DOS PARÂMETROS E SELEÇÃO DA CONCEPÇÃO DA MANUTENÇÃO	186
A7.1 Filtro para seleção das concepções	186
A8 ANÁLISE ECONÔMICA DAS ALTERNATIVAS DE MANUTENÇÃO PARA UM HORIZONTE DE PLANEJAMENTO DADO	188
A8.1 Processo de diagnóstico	188
A8.2 Indicadores financeiros usados	188
ANEXO B QUESTIONÁRIOS PARA VALIDAÇÃO	189
QUESTIONÁRIO B1	190
QUESTIONÁRIO B2	191

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1.1 Organização do conhecimento para definição do melhor sistema de gestão da manutenção	10
Fig. 2.1 Triângulo estratégico para a gestão da manutenção (adaptado de ARANTES, 2002)	16
Fig.: 2.2 Fatores no processo da implementação da estratégia (adaptado de OKUMUS, 2003)	17
Fig. 2.3 Integração da manutenção no contexto produtivo (baseado em DIAS, 1996)	21
Fig. 2.4 Etapas na aplicação da MCC (adaptado de FLEMING <i>et al.</i> 1997e CARRETERO <i>et al.</i> , 2000)	27
Fig. 2.5 Processo de implementação da manutenção produtiva total (adaptado de TSUCHIYA, 1992)	29
Fig. 2.6 Processo de implementação da concepção da manutenção baseada no risco (adaptado de KHAN, 2003)	31
Fig. 2.7 Quadro resumo para as concepções de manutenção	33
Fig. 2.8 Diagrama radar para a análise da maturidade da organização (adaptado de CLARKE e GARSIDE, 1997)	41
Fig. 2.9 Modelo situacional da função manutenção (adaptado de RIIS <i>et al.</i> 1997)	44
Fig. 2.10 Modelo para a análise da função manutenção, baseado em quadrantes (adaptado de RIIS <i>et al.</i> , 1997)	46
Fig. 2.11 Diagrama de estratégias e correlações (adaptado de ESPINOSA e SALINAS 2000)	48
Fig. 3.1: Modelo conceitual para definir o processo de inovação da concepção da manutenção	56
Fig. 3.2: Modelo de avaliação e seleção das concepções de gestão de manutenção	58
Fig. 3.3: Antecedentes para a identificação e caracterização da empresa	62
Fig. 3.4: Fatores do nível de atendimento do equipamento aos objetivos da empresa	66
Fig. 3.5: Fatores para análise detalhada da situação atual da função manutenção	68
Fig. 3.6: Aspectos considerados para a avaliação da maturidade	70
Fig. 3.7: Fatores para análise de criticidade dos equipamentos e da gestão atual da manutenção	72
Fig. 3.8: Fatores para análise das opções de concepções de manutenção	74
Fig. 3.9: Aspectos considerados na análise econômica para as alternativas selecionadas	77

Fig. 3.10 Processo de aplicação da metodologia para identificar a concepção da manutenção	80
Fig. 3.11: Matriz de hierarquização para definir prioridades de investimentos baseado nos critérios de criticidade e investimento	82
Fig. 3.12: Matriz de prioridades para ações relacionadas com a maturidade da organização baseada no numero de impactos na organização	85
Fig. 3.13: Modelo integrado de formulação de estratégias (baseado em CHAHARBAGHI e WILLIS, 1998)	88
Fig. 3.14: Dados para a análise de uma estratégia implementada	90
Fig. 4.1: Tela com sumário da Sistemática de Seleção de Concepção de Manutenção (SSCM) para acessar as informações requeridas para aplicação da metodologia	95
Fig. 4.2: Formatação das regras em no formato Excel para análise do nível de atendimento dos equipamentos de uma linha de produção	96
Fig. 4.3: Parte da tela de captura de dados para caracterizar a empresa (fonte FIESP, 2004)	97
Fig. 4.4: Relatório para os antecedentes da organização	98
Fig. 4.5: Parte da tela com dados para avaliar o nível de atendimento aos requisitos	100
Fig. 4.6: Relatório para o nível de atendimento dos equipamentos analisados	100
Fig. 4.7: Gráfico da média do atendimento aos requisitos dos equipamentos	101
Fig. 4.8: Gráfico da média do atendimento aos requisitos	101
Fig. 4.9: Tela para a entrada de dados para a análise da gestão da manutenção	102
Fig. 4.10: Resultados dos parâmetros avaliados na gestão da manutenção existente	104
Fig. 4.11: Relatório da avaliação da gestão da manutenção	105
Fig. 4.12: Parte da tela para introduzir dados para a avaliação da maturidade	106
Fig. 4.13: Quadro com os conceitos para o aspecto do apoio continuo	107
Fig. 4.14: Relatório para a análise de maturidade referida ao apoio da organização	108
Fig. 4.15: Relatório com aspectos complementares para o apoio da organização	109
Fig. 4.16: Resultados para a análise do apoio contínuo da organização	109
Fig. 4.17: Quadro resumo com todos os conceitos da maturidade para a organização	110
Fig. 4.18: Parte da tela para ingresso de dados para análise da criticidade	111
Fig. 4.19: Relatório para a análise da criticidade da linha de produção e do sistema de gestão da manutenção	112
Fig. 4.20: Tela para o ingresso de dados para a seleção da concepção da manutenção	115

Fig. 4.21: Recomendações para a gestão da manutenção conforme as metas declaradas	116
Fig. 4.22: Relatório para os requisitos a atender priorizados no atendimento	117
Fig. 4.23: Parte dos parâmetros considerados no filtro para selecionar as concepções da manutenção	118
Fig. 4.24: Parte dos resultados relativos à análise dos parâmetros para seleção da concepção de manutenção	120
Fig. 4.25: O nível de atendimento dos requisitos das concepções pela empresa analisada	121
Fig. 4.26: Parte da tela para o ingresso de dados para a avaliação econômica das concepções para um horizonte de 2 anos	122
Fig. 4.27: Resumo da avaliação econômica para as concepções selecionadas	123
Fig. 4.28 Quadro resumo dos custos atuais que serão usados como base para a análise econômica	123
Fig. 5.1 Arvore da Garantia de Funcionamento (adaptado de AVIZIENIS <i>et al.</i> 2001)	130
Fig. 5.2 <i>Feedback</i> operacional para as medidas de eficiência (adaptado de TSANG <i>et al.</i> 1999)	131
Fig. 5.3 Os componentes dos Indicadores de Desempenho Balanceados (adaptado de PRADO, 2002)	132
Fig. 5.4 Indicadores diretos relacionados ao desempenho do equipamento	134
Fig. 5.5 Indicadores para os aspectos de finanças, processo interno e de aprendizagem	137
Fig. 5.6 Telas de introdução ao Programa de Garantia de Funcionamento (PGdF)	106
Fig. 5.7 Tela para a introdução de dados para calcular a confiança no equipamento	139
Fig. 5.8 Tela do gráfico para o indicador de confiança no equipamento	140
Fig. 5.9 Tela para o indicador da eficiência da manutenção	141
Fig. 5.10 Tela para o indicador do acesso ao equipamento	142
Fig. 5.11 Tela para o indicador do segurança do equipamento	144
Fig. 5.12 Tela para o índice global do equipamento	145
Fig. 5.13 Tela para o índice melhoria no equipamento	146
Fig. 5.14 Tela para o índice a qualidade da manufatura	147
Fig. 5.15 Tela para o indicador da eficiência no custo	149
Fig. 5.16 Tela para a funcionalidade do sistema	150
Fig.A1 Fluxograma da sistemática para seleção da concepção de manutenção	171
Fig. A2 Características para preencher o processo de diagnóstico	174

Fig. A3 Regras definidas para a percepção global da caracterização da empresa	174
Fig. A4 Forma de efetuar a análise do grau de atendimento	180
Fig. A5 Variação do número de equipamentos da análise	181
Fig. A5 Variação do número de equipamentos da análise	181
Fig. A7 Análise da especificação da função administrativa para cada área de atuação	182
Fig. A8 Procedimento para o cálculo do valor medio do nivel de definição de cada função administrativa	183
Fig. A9 Tela de captura de dados para a análise do nível de uso de metodologias	184
Fig. A10 Relatório para a análise de maturidade	184
Fig. A11 Relações matemáticas para o aspecto da maturidade	185
Fig. A12 Captura de dados para avaliar a criticidade dos equipamentos	185
Fig. A13 Procedimento para calcular a criticidade de um equipamento	186
Fig. A14 Nível mínimo para atender os requisitos da concepção relacionados com a gestão, maturidade e tecnologia	186
Fig. A15 Nível mínimo para atender os requisitos da concepção relacionados com tipo de produção, metas declaradas, confiabilidade esperada, etc.	186
Fig. A16 Captura dos dados para a análise financeira	188

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO AO TEMA

Neste capítulo apresenta-se uma visão geral da situação atual da função manutenção no que se refere à forma de gestão, referida à nossa realidade, e se definem os objetivos e alcances deste estudo bem como a estrutura deste trabalho.

1.1 INTRODUÇÃO

Nesta época de rápidas mudanças as organizações devem estar sempre sondando por novos cenários, novos concorrentes, mudanças constantes nos requisitos, mudanças nas tendências dos negócios, tecnologias inovadoras, aumento da complexidade dos sistemas, exigências ambientais mais rigorosas, entre outros. Todos estes desafios devem ser enfrentados pela organização como um todo e com todos os recursos que possui, ou seja, ninguém e nenhuma função administrativa e produtiva podem ficar à margem ou indiferente, sem fazer o seu melhor esforço.

Dentro das funções administrativas e operacionais as mais relevantes são a produção e manutenção, já que ambas têm a missão de manter funcionando e melhorando a infra-estrutura produtiva da organização. Em conjunto têm que entregar os produtos ou serviços no tempo indicado, com a qualidade solicitada e a quantidade projetada. Em outras palavras se está falando de confiabilidade do sistema produtivo, disponibilidade dos equipamentos, alta manutenibilidade e segurança do pessoal e ambiente.

Este tema reflete a importância da manutenção na estrutura estratégica das empresas e recentemente está sendo abordado por vários pesquisadores, sendo que todos são unânimes quanto à importância que a função manutenção tem para alcançar um adequado posicionamento no conjunto de empresas concorrentes. SWANSON (2001) indica que cada vez mais e mais companhias, para alcançar o que se chama “World-Class Performance”, estão demandando grandes esforços para melhorar a qualidade e a produtividade e reduzir custos, e este direcionamento passa, de forma inevitável, por uma efetiva manutenção.

O impacto potencial da manutenção ao nível de operações e logística (flexibilidade, tempo de abastecimento, qualidade, etc.) é considerável e, além disso, as implicações financeiras da manutenção são apreciáveis. O reconhecimento da manutenção como um gerador potencial de ganhos é um desenvolvimento recente. Outro desenvolvimento recente é o estudo sobre as inter-relações com as outras funções operativas da organização, que agora é relevante e tem que ser otimizado (WAEYENBERGH *et al.*, 2002).

TEIXEIRA (2001) e KARDEC (2003) concordam com o fato que a manutenção tem um papel importante no apoio para manter a logística da empresa, a qual está diretamente relacionada com a competitividade do sistema industrial. A gestão da manutenção deve ter por princípio ser um apoio efetivo para conseguir a excelência empresarial e contribuir com criatividade, flexibilidade, velocidade, cultura da mudança,

competência e trabalho em equipe, ou seja, a função manutenção não pode caminhar de forma isolada do resto das funções da organização.

Os investimentos na manutenção tendem a crescer em todos os setores econômicos de nossa sociedade apesar dos avanços tecnológicos, o que poderia levar a, pensar que é uma contradição, mas, as principais razões são a contínua expansão dos bens de capital e os requisitos de mercado que impõem uma alta confiabilidade. Soma-se a isto, o aumento na qualidade da terceirização, o qual impõe à administração da manutenção ter procedimentos muito bem descritos e exatos (DEKKER *et al.*, 1998).

Muitas empresas estão conscientes dos desafios da função de manutenção e implementam políticas ou estratégias para fazer dela uma função com a mesma importância que outras funções da organização, ou seja, a função manutenção é parte integral das estratégias que a organização deve implementar para ser a melhor. Considerar a manutenção somente como uma função tática e operacional é ter uma visão míope (TSANG, 1998). Também tem uma dimensão estratégica visando aspectos como: definição da concepção da manutenção, gestão dos recursos à disposição da função, elaboração de programas de manutenção, melhoramento das capacidades dos colaboradores, aumento do desempenho dos equipamentos e obtenção da tecnologia necessária para manter os bens durante sua vida útil.

Em uma das últimas pesquisas feita pela ABRAMAN (Associação Brasileira de Manutenção) no ano 2003 e apresentada no 18º Congresso Brasileiro de Manutenção, realizado em Porto Alegre – RS em Setembro de 2003, revela dados muito interessantes que demonstram que as empresas brasileiras (e este resultado se pode fazer extensivo à realidade latino-americana) estão preocupadas em melhorar seus recursos na área de manutenção. Assim, por exemplo, o efetivo próprio de pessoal qualificado, ou seja, com uma capacitação que atinja os objetivos da função de manutenção, apresentou uma evolução de 21,01% em 1995 para 28,69% no ano 2003 (Tabela 1.1). O mesmo vale para todos os níveis da função manutenção, no nível superior de 6,65% para 7,20%, no nível técnico médio de 13,52% para 14,85% e no nível de mão-de-obra qualificada de 17,15 a 40,62%, no mesmo período, demonstrando com isto que há uma preocupação constante nas empresas em ter um melhoramento significativo nas ações de manutenção (Tabela 1.2).

Em relação à idade média dos equipamentos e instalações das empresas esta se mantém estável em um valor de 16,25 anos, o que revela que o nível tecnológico atualizado dos equipamentos só é possível por meio de ações de manutenção. Mas, a disponibilidade operacional, sendo crescente e variando de 85,82% em 1997 para 89,48%

em 2003. Contudo, ainda é baixa em relação à média dos melhores indicadores que é 93,3% (dado fornecido pela ABRAMAN).

Tabela 1.1 O efetivo próprio de pessoal na área de manutenção.

Ano	Colaboradores Próprios de Manutenção		
	Total das Empresas (TE)	Total na Manutenção (TM)	TM/TE
2003	109794	31504	28,69%
2001	159454	33015	20,71%
1999	133650	26257	19,65%
1997	154250	30750	19,94%
1995	320650	67375	21,01%

Fonte: Documento Nacional 2003: A situação da Manutenção no Brasil. Elaborado por ABRAMAN.

Tabela 1.2 Qualificação do pessoal de manutenção.

Ano	Qualificação do Pessoal de Manutenção (%)				
	Nível Superior	Técnico Nível Médio	MOB Qualificada	MOB Não Qualificada	Não Classificada
2003	7,20	14,85	40,62	4,94	32,39
2001	7,64	14,81	38,72	7,63	31,20
1999	7,08	13,135	38,06	6,77	34,74
1997	6,18	14,78	40,63	8,07	30,34
1995	6,65	13,52	17,15	8,81	53,87

Fonte: Documento Nacional 2003: A situação da Manutenção no Brasil. Elaborado por ABRAMAN.

A pergunta que cabe fazer é: por que as empresas não conseguem ter uma disponibilidade mais alta, apesar dos contínuos esforços que fazem na capacitação do pessoal, no investimento em equipamentos, no apoio computacional e na melhor organização de seus recursos? Uma das respostas é direta (baseada na observação pessoal e intercâmbio de opiniões com especialistas na manutenção): o pessoal de manutenção não aplica na forma certa uma metodologia que apóie a seleção adequada de modelos de gestão da manutenção.

Alguns fatos podem confirmar a hipótese: muitas empresas produtivas adquirem o software para aplicação no processamento de dados para toda a organização o SAP (*Systems Applications and Products in Data Processing*). Estes softwares têm muito sucesso por estar na forma de pacote padronizado que pode ser configurado para muitas áreas e adaptável às necessidades específicas de uma companhia, mas, para suportar essas necessidades inclui um grande número de funções feitas para negócios, o que dificulta em grau extremo a análise da informação para a tomada de decisão na área de manutenção. O problema é que quando se impõe um sistema de gestão que não leve em conta as particularidades dos usuários este é rejeitado e o uso eficiente não ocorre.

Outro fato está relacionado com a aquisição de software chamados de sistemas de gerenciamento de manutenção - CMMS (*Computer Maintenance Management Systems*) - quando a função de manutenção deseja ter um sistema de informação próprio. O primeiro passo é normalmente entrar em contato com empresas que vendem software para administração da manutenção e, baseado em critérios econômicos e na comparação com outras empresas que já possuem algum software, selecionar e adquirir um sistema. O problema surge depois, no momento da implementação, porque a análise e o projeto do sistema de informação não estão feitos, as funções administrativas, as tarefas e as responsabilidades do manejo da informação não estão definidas e a principal consequência é um aproveitamento ruim do investimento.

Soma-se ao anterior que na literatura quando se menciona o tema da seleção de concepções para a gestão da manutenção, em geral são modelagens matemáticas muito complexas e centradas num aspecto principal, por exemplo, ZHAO (2003) modela a política de manutenção preventiva para equipamentos nos quais as ações de manutenção não os devolvem para seu estado original completamente. MURTHY *et al.* (1999) propõem um modelo matemático para decidir sobre a conveniência econômica de levar para terceiros as tarefas de manutenção, baseado na complexidade do equipamento, seu ciclo de vida e taxa de falhas.

O pesquisador TEIXERA (2001) modela o planejamento da manutenção como uma modelagem multi-critérios para múltiplas decisões, cada uma delas com um custo associado. CASSADY *et al.* (2001) utilizam a pesquisa operacional para definir as ações de manutenção com a finalidade de incrementar a confiabilidade do equipamento considerando os requisitos de operação. Outro caso similar é desenvolvido por MÁRQUEZ *et al.* (2002) que propuseram resolver o problema mediante o uso do processo de decisão semi-Markoviano.

Todos estes modelos requerem um nível de conhecimento matemático alto e um grande investimento de tempo e esforço. Outras vezes, as descrições de como implementar um sistema administrativo para a gestão são muito específicas e não servem como guia para introduzir melhoramentos na função de manutenção. Este tipo de informação não é útil para o pessoal de manutenção que não dispõe de tempo para fazer a implementação dos modelos matemáticos e, portanto, vê com reticência o sucesso da administração científica da manutenção.

A última razão, a qual está sustentada na experiência própria de vários anos na área de manutenção e docência, e que se considera a mais importante, é que na generalidade das faculdades de engenharia, a disciplina de manutenção é optativa ou no seu conteúdo programático não trata temas relacionados com ferramentas de gestão estratégica, análise de sistemas e gestão e controle de projeto aplicado à manutenção. Sabe-se, no entanto, que a aplicação prática da gestão da manutenção para ser bem sucedida é, normalmente complexa.

Em resumo, a gestão da manutenção está adquirindo importância como tema de estudo para ser realmente aprofundado, no sentido de fazer que esta função, na prática, seja um apoio real e não só um campo para propor modelagens matemáticas que são muito difíceis na sua aplicação. Daqui nasce a principal motivação que vai a ser tratada nesta tese, que é fornecer uma ferramenta de análise estruturada para que de apoio á toma de decisão no momento de ter enfrentar um processo de mudanças na forma da gestão da manutenção, e preencher assim, a falta de uma metodologia que forneça ajuda para definir o melhor direcionamento no processo. Há que criar, em especial, pontes entre os praticantes e os cientistas que trabalham com modelagem de otimização da manutenção de tal forma que a aplicação das metodologias seja um real aporte à gestão e que seu produto seja ótimo (RAUSAND, 1998). Assim, o escopo deste trabalho se centrará na definição de uma metodologia que apóie a estruturação de um modelo de gestão da manutenção, com diretrizes para selecionar a melhor concepção de acordo com a realidade atual da empresa e sua projeção no futuro.

1.2 OBJETIVO

O objetivo desta tese é desenvolver uma metodologia para a identificação da melhor concepção de manutenção para a situação atual da organização nos aspectos tecnológicos, de recursos humanos e organizacionais. A perspectiva é contribuir com o

processo de inovação da gestão da manutenção industrial, no contexto particular da indústria brasileira e latino americana.

1.2.1 Objetivos específicos

- Conhecer o estado da arte no que se refere à gestão da manutenção em geral e as concepções de manutenção, em particular, a partir de uma revisão bibliográfica. Determinar mediante esta revisão, quais aspectos que faltam ser desenvolvidos para contribuir com a área da gestão da manutenção e com novas ferramentas.
- Propor um modelo para avaliar a implementação das alternativas das concepções de manutenção, levando-se em conta que o roteiro sobre o qual o administrador da manutenção vai avaliar as concepções tem que ser simples e dar uma visão muito clara sobre a situação atual da manutenção da sua empresa.
- Definir as variáveis de análise que conduzirão à seleção das alternativas de concepção da manutenção considerando os aspectos a serem detectados na revisão e que deverão ser desenvolvidos. Implementar o modelo de forma computacional com a finalidade de ter uma ferramenta operativa.
- Avaliar os modelos desenvolvidos mediante aplicações reais em empresas da região e consulta a especialistas em distintas aplicações das concepções de manutenção, tais como a manutenção centrada na confiabilidade, manutenção centrada no risco, manutenção produtiva total, entre outras concepções.
- Definir um modelo para avaliar e prever, o grau de sucesso da aplicação da abordagem selecionada baseado na Garantia de Funcionamento, a fim de fechar o círculo da gestão da manutenção.
- Ajustar os modelos de acordo com as experiências das aplicações nas empresas e as recomendações dos especialistas consultados.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está descrito em seis capítulos como se mostra a seguir:

Capítulo 2: Este capítulo apresenta revisão dos princípios de gestão aplicados à função manutenção, das distintas concepções desenvolvidas para a função e de modelos aplicados para fazer uma análise situacional da gestão da manutenção. As características principais destes modelos formarão parte da metodologia que se desenvolverá nos capítulos seguintes. Finaliza-se o capítulo com uma análise das lacunas ou itens que são necessários desenvolver para ter uma ferramenta completa e de fácil aplicação para a

análise de um sistema atual de gestão da manutenção e para apoiar na tomada de decisão sobre a seleção de uma nova alternativa de concepção da manutenção.

Capítulo 3: Neste capítulo, apresenta-se uma proposta do modelo de seleção e da aplicação de concepções de manutenção em ambientes industriais considerando seus aspectos comportamentais, relacionais e informacionais, para o apoio ao processo de análise e introdução de mudanças. Este modelo é desenvolvido em duas etapas uma das quais terá implementação computacional. Mostra-se ademais como deveria ser o processo de aplicação desta metodologia quanto à manipulação da informação que é obtida no processo de análise. Além disso, se identifica os aspectos que compõem a metodologia e todas as variáveis de entrada para realizar a aplicação.

Capítulo 4: Neste capítulo se mostram as saídas que a sistemática chamada SSCM (Sistemática de Seleção de Concepções de Manutenção) fornece, produto da análise dos dados fornecidos pelo analista da manutenção, as quais estão apresentadas na forma de gráficos, relatórios e recomendações para a implementação de melhorias no sistema da função manutenção.

Capítulo 5: Este capítulo apresenta uma estratégia de planejamento e acompanhamento do desempenho funcional de sistemas técnicos fundamentado na teoria de Garantia de Funcionamento (GdF). Para facilitar as ações dos agentes e gestores de manutenção foi desenvolvido um Programa Computacional de Garantia de Funcionamento (PGdF). Este software sistematiza e processa as informações relacionadas com análises de disponibilidade, confiabilidade, manutenibilidade, segurança e procedimentos. Os resultados na forma de indicadores foram fundamentados nos conceitos contidos no método de Indicadores de Desempenho Balanceados (Balanced Scorecard, BSC).

Capítulo 6: Finaliza-se este trabalho com uma análise dos resultados obtidos incluindo comentários e aportes na validação do modelo usado para a metodologia e se conclui com recomendações para pesquisas futuras que incrementariam esta proposição.

Anexo: No Anexo A tem-se a documentação da sistemática e no Anexo B os questionários para a validação da sistemática.

1.4 O CONTEXTO DA TESE

“Na manutenção da indústria brasileira, existem práticas desde o tipo puramente corretivas, ou seja, "quebrou-conserta", até técnicas pró-ativas, ancoradas no uso de tecnologias e processos avançados. Nesse contexto, destacam-se empresas dos setores de papel e celulose, petroquímico, aviação e siderúrgico como impulsionadores da utilização

de técnicas de ponta em engenharia de confiabilidade. Os avanços em determinados segmentos são resultado das condições de mercado que exigem maior competitividade e, em consequência, maior disponibilidade operacional e menor custo. A manutenção na indústria brasileira está sintonizada com essa evolução e outras portas se abrirão para novos avanços" (A MANUTENÇÃO BRASILEIRA NO CONTEXTO MUNDIAL, editorial da Revista Manutenção Edição 98 - Maio / Junho 2004, editada por ABRAMAN).

É amplamente reconhecido que a função manutenção aporta valor à organização produtiva, quando esta é realizada de forma adequada, ou seja, que seus objetivos sejam definidos em concordância com o negócio da organização. As empresas estão descobrindo a importância de um plano estruturado de manutenção dos equipamentos por meio da aplicação dos conceitos de confiabilidade. Mas ainda existem empresas experimentando soluções caseiras ou alocando equipes internas para efetuar estudos, auxiliadas por consultores com pouca experiência no âmbito da manutenção ou poucos conhecimentos de gestão aplicada na Função Manutenção.

Resultados das soluções aplicadas no âmbito da manutenção indicam que a disponibilidade do parque industrial, para a grande maioria das empresas produtivas, ainda é baixa quando comparada com empresas de países economicamente desenvolvidos. Para o mundo atual dos negócios isto é uma desvantagem que não pode ser permitida. Soma-se ao anterior o fato de que os custos vão crescendo em face do uso de equipamentos com requisitos de tecnologias cada vez mais sofisticadas, da necessidade de colaboradores altamente qualificados e das limitações de capital para novos investimentos.

As diretrizes que as empresas adotam para serem competitivas, em geral, atravessam verticalmente todos os níveis da organização e cada nível deve definir as suas ações para atingir a meta que é fixada. Aqui se torna necessário dominar estratégias, no âmbito da manutenção, para responder aos novos requisitos da gerência. Percebe-se então ser necessário dispor de uma metodologia apropriada para gerir os recursos existentes para responder aos requisitos de produção.

Devido a isso, nesta proposta de tese objetiva-se apresentar uma metodologia que forneça à equipe de analistas uma visão sobre o nível de desenvolvimento daqueles parâmetros que são importantes no momento de aplicar uma nova concepção, ou mudança, no âmbito da manutenção. Na Fig. 1.1 descreve-se o contexto da metodologia proposta que auxiliará ao analista ou encarregado da função manutenção na tarefa de definir qual é a concepção mais adequada de manutenção, para as características próprias da sua empresa e do entorno em que se desenvolve.



Fig. 1.1 Organização do conhecimento para definição do melhor sistema de gestão da manutenção

A definição da concepção da manutenção reflete o que a empresa espera da função manutenção para acompanhar a consecução dos objetivos do negócio da empresa. Isto é só uma pequena parte de todo o processo de gestão da manutenção.

A tarefa da gestão da manutenção não termina na definição da concepção, só é a primeira fase do processo. A gestão refere-se a todo o conjunto de ações, decisões e definições sobre todo o que tem que se fazer, possuir, usar, coordenar e controlar para gerir os recursos fornecidos para a função manutenção e fornecer assim os serviços que são esperados da função manutenção.

Os elementos que devem ser atendidos na elaboração da estratégia da manutenção são: a capacidade de operação, a quantidade e disponibilidade de recursos, conhecimentos e tecnologia necessários e a integração com outros níveis organizativos da empresa. Além dos elementos de infra-estrutura física e administrativa, tem-se o sistema de planejamento, controle, recrutamento e capacitação de pessoal, entre outros tantos elementos necessários para uma boa gestão.

Na elaboração da sistemática, entre os aspectos mais destacados se pode considerar:

1. Aspectos relacionados ao parque de equipamentos. O período de vida útil do equipamento da empresa tem um papel importante na implementação de uma concepção. Por exemplo, pode haver muita dificuldade de implementar uma concepção visando alcançar alta disponibilidade se o parque tem uma idade superior a 25 anos, ou, implementar MCC se o equipamento é antigo e não existe informação sobre históricos de manutenção.
2. Aspectos relacionados à maturidade da organização. O fator humano e a cultura da organização têm uma influência relevante para o desenvolvimento e sucesso no momento de emprender ações para mudar a forma de realizar a gestão. Se os profissionais que integram a equipe de trabalho não acreditam na nova forma de gestão, vai ser muito difícil e oneroso chegar a um final adequado. Torna-se praticamente impossível se a gerência não acredita no empreendimento. Por isto nesta metodologia estes aspectos são de alta importância para a análise de alternativas de gestão da manutenção.
3. Aspectos relacionados com as distintas concepções de manutenção já definidas por diversos autores. A metodologia vai incluir, como uma etapa no seu desenvolvimento, a medição do grau de preparação da atual função manutenção para a implementação de umas destas metodologias, ou seja, ser um filtro para evitar uma aplicação incorreta.

4. Aspectos relacionados com o investimento de recursos econômicos. Esta etapa está destinada a fornecer um guia à equipe de avaliação para se obter uma noção do investimento e as ações que são necessárias a planejar, já que a forma como é realizado este estudo é similar à avaliação de um projeto de investimento.

Este trabalho pretende ser mais um elemento entre os estudos acadêmicos que apontam metodologias ou ferramentas para ajudar os administradores e profissionais da manutenção a fazerem da gestão um efetivo apoio para a empresa, de acordo com os novos desafios que o mercado global está impondo. Deste modo, verifica-se que a passagem da manutenção tradicional para uma gestão de ativos industriais vai tomando forma clara, principalmente, no cenário atual de desaceleração de investimentos. Nestes tempos a função manutenção tem sido particularmente solicitada, fazendo com que questões como ciclo de vida, relação custo/benefício, ganhos de produtividade e rentabilidade do capital investido passem a ser considerados com prioridade no estabelecimento de diretrizes estratégicas adequadas a esta realidade. Está se falando de performance técnica, tanto na operação como na manutenção e, por isso, a função manutenção tem que estar se aparelhando com ferramentas mais elaboradas e competências mais ampliadas, com uma nova visão apontando para uma contribuição econômica ao produto.

CAPÍTULO 2

MODELOS DE CONCEPÇÃO DE MANUTENÇÃO E MODELOS PARA ANÁLISE DA GESTÃO

Realiza-se uma revisão das distintas concepções desenvolvidas para a função manutenção e dos modelos para a análise da gestão da manutenção. As características principais destes modelos formarão parte da metodologia que se desenvolverá nos capítulos seguintes. Finaliza-se o capítulo com uma análise das lacunas ou itens que são necessários desenvolver para ter uma ferramenta completa, de fácil aplicação para apoiar a seleção de uma nova alternativa para a concepção da manutenção.

2.1 INTRODUÇÃO

O propósito de uma organização para a manutenção pode ser definido como um conjunto de elementos básicos que caracterizam aquilo que a organização gostaria de ser no futuro, sua vontade, seu desejo de ser e de agir. Enfim, o propósito sintetiza a vontade própria, sua auto-imagem e suas crenças básicas, transcendendo as circunstâncias, não se limitando pelo ambiente externo nem pela capacitação atual (ARANTES, 2002).

KONONEN (2002) e VERNA (2002) destacam o fato que a manutenção é uma combinação de ações técnicas definidas a partir de uma concepção da manutenção, de ações administrativas e de gestão durante o ciclo de vida da máquina na intenção de manter ou retorná-la ao estado onde possa cumprir sua função. Dão especial ênfase à condição de gestão e indicam que a alta eficiência é obtida mediante três atributos: alta confiabilidade, alta mantabilidade e eficiente sustentabilidade, parâmetros a serem monitorados continuamente.

A função manutenção para cumprir de maneira satisfatória o seu objetivo e se tornar competitiva deve adotar os princípios de administração contidos nos conceitos da gestão estratégica, desenvolver-se ao mesmo ritmo que as demais funções administrativas da organização e desta forma, fornecer um serviço eficiente a seus clientes, que são os ativos da empresa. Deve ter uma visão, uma missão e uma abrangência bem definida, ou seja, o que a função manutenção quer ser no futuro dentro da organização, qual é a necessidade básica que a função pretende suprir e, finalmente, quais são as limitações reais ou auto-impostas para a atuação da função.

A concepção de manutenção se refere, em essência, a ter objetivos definidos, delineamentos administrativos e procedimentos para enfrentar e gerir as tarefas de manutenção que indicam como conseguir o melhor rendimento dos equipamentos e recursos definidos para a manutenção (GITS, 1992).

O assunto central está relacionado com o volume, quantidade, complexidades e inter-relações dos equipamentos que devem ser atendidos. Assim, para um equipamento único e para uma necessidade bem determinada, não é necessária uma estratégia muito sofisticada para manter o equipamento em funcionamento pelo período de vida útil e cujo conceito foi definido no seu projeto, o qual é conhecido pelo usuário.

O caso mais distinto se refere à estratégia que uma organização industrial deve adotar para manter todo seu ativo patrimonial em boas condições e com um processo de depreciação adequado. As variáveis, deste caso, e os problemas a resolver tendem a

aumentar de forma drástica, entre os quais os seguintes: definição dos tipos de manutenção, atendimento conforme a criticidade de cada equipamento, cronogramas de parada dos equipamentos, definição da qualidade da mão-de-obra e sua obtenção, avaliação dos serviços de terceiros, introdução de novas tecnologias, decisão sobre a eliminação de equipamentos e sua substituição, definição de canais logísticos, definição do sistema de informação e de administração, etc. No entanto, o aspecto mais relevante que deve ser conhecido é a maturidade da equipe e a maturidade da organização da função manutenção, com a finalidade de contar com o apoio suficiente para evoluir conforme mudam as condições do entorno.

A concepção de manutenção relacionada com um equipamento individual é definida na etapa de projeto informacional, pela consideração do atributo de mantenedibilidade. Esta característica deve ser levada em conta no momento de integrar o equipamento no sistema industrial, ou seja, na definição da forma da gestão de manutenção.

Para inovar a função manutenção é requerido o uso de modelos para a análise da situação da gestão, de maturidade, de causalidade e financeiros no contexto organizacional. Isto define as variáveis que são matérias de estudo e análise, sua relação com as demais funções produtivas e administrativas, e concentrar-se naquilo que é importante para melhorar o desempenho. Os itens aqui definidos formarão parte do procedimento para chegar a selecionar a concepção mais adequada para a função manutenção, conforme os objetivos para ela propostos.

2.2 INOVAÇÃO DA FUNÇÃO DE MANUTENÇÃO

Pode-se conceituar a inovação da gestão da manutenção como um processo sistemático, planejado, gerenciado, executado e acompanhado sob a liderança da alta administração da instituição, envolvendo e comprometendo todos os gerentes, responsáveis e colaboradores da organização (ARANTES, 2002). É um trabalho em equipe que tem por finalidade assegurar o crescimento de seu nível tecnológico e administrativo, a continuidade na sua gestão assegurando a eficiência de seus serviços, via adequação contínua de sua estratégia, de sua capacitação e de sua estrutura, possibilitando-lhe enfrentar e se antecipar às mudanças observadas ou previsíveis no seu ambiente externo.

Para formular um plano de desenvolvimento da manutenção, três aspectos importantes devem ser considerados:

- O propósito que define o objetivo da função de manutenção, ou o estado a que se pretende chegar;
- O ambiente que define até que ponto se pode chegar, de acordo com a disponibilidade de recursos e restrições reguladoras internas e externas, e;
- A capacitação que responde ao nível de preparação que tem a equipe de manutenção para enfrentar as tarefas necessárias de acordo com o objetivo proposto.

A fim de orientar estas três questões encontra-se no centro do triângulo estratégico (ver Fig. 2.1) a estratégia que define o que se vai fazer.

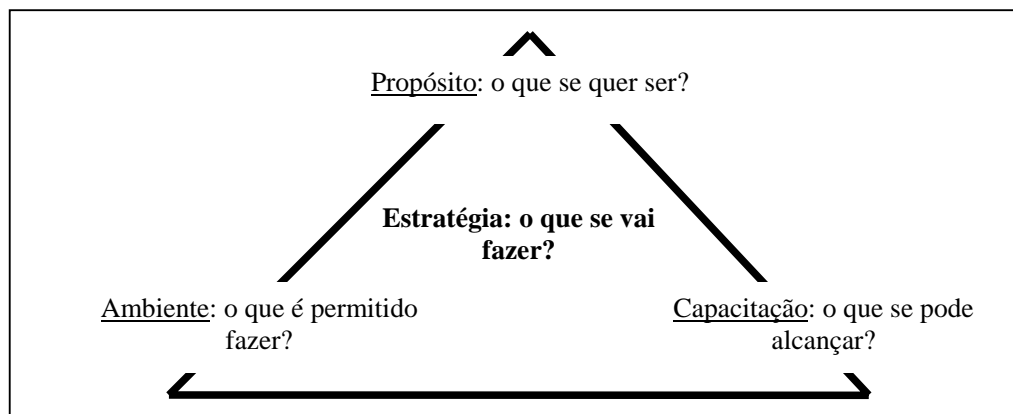


Fig. 2.1 Triângulo estratégico para a gestão da manutenção (adaptado de ARANTES, 2002)

O ponto de partida é uma avaliação da importância da função manutenção (conjunto de recursos humanos e físicos com tarefas, procedimentos e objetivos cujo fim é dar manutenção aos ativos físicos da organização). A importância desta função deve ser analisada em confronto com os requisitos que são impostos para atender o conjunto de equipamentos de acordo com o nível de confiabilidade requerido. Esta análise deve ser feita antes que as condições sejam negativas para a empresa.

OKUMUS (2003) identifica quatro fatores que se deve conhecer para assegurar que a implementação da estratégia, a qual foi definida por algum método de seleção, tenha sucesso e se consiga cumprir com as metas traçadas para a organização. Estes fatores são: o conteúdo estratégico, o contexto estratégico, o processo operacional e os resultados esperados (Fig. 2.2).

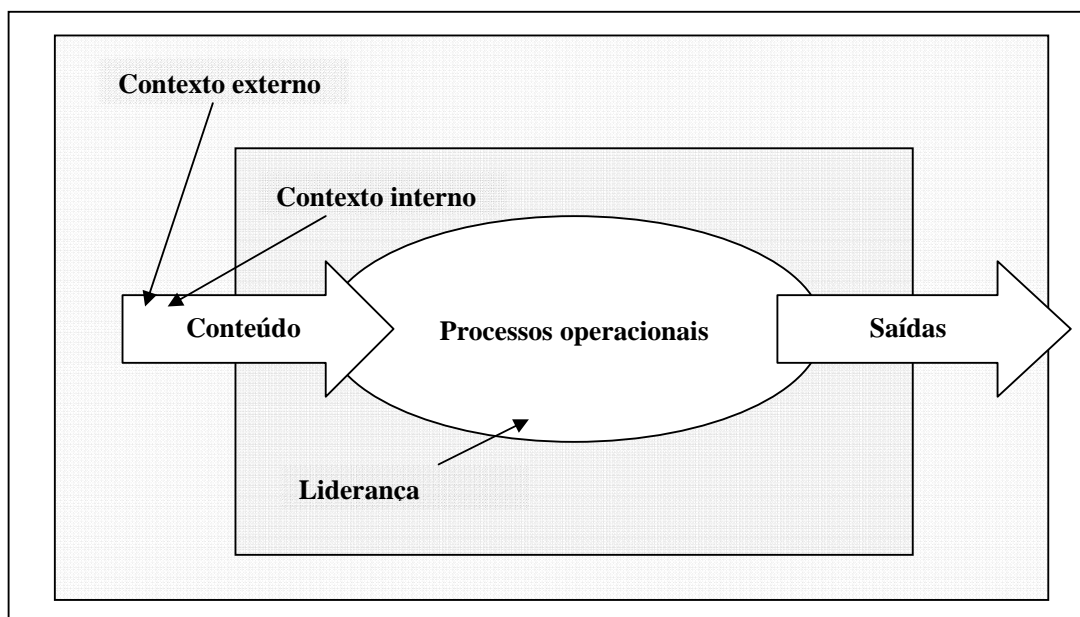


Fig.: 2.2 Fatores no processo da implementação da estratégia (adaptado de OKUMUS, 2003)

Para a função manutenção, cada um dos fatores nomeados tem a seguinte conotação:

- O conteúdo estratégico se refere a como e por que a mudança é iniciada. Para este fator do processo, a nova estratégia para a função manutenção deve ser consistente com os objetivos estratégicos globais da empresa, pelo qual o eixo central para a nova iniciativa deve estar claramente identificado, bem como, a participação ativa de todos os níveis administrativos da empresa.

Também tem que ser quantificado o potencial de impacto da nova iniciativa sobre projetos em desenvolvimento e futuros projetos, bem como o impacto potencial sobre outras estratégias que se desejem implementar no futuro.

- O contexto estratégico pode se dividir em dois: o contexto externo e o contexto interno, e ambos têm uma grande influência para definir o conteúdo estratégico que será a entrada informacional para o processo operacional.

O contexto externo está diretamente relacionado com a variabilidade do ambiente onde está inserida a organização produtiva, e são estas mudanças que repercutem na função manutenção, assim como, novos requisitos tecnológicos para os produtos, novas condições ambientais que devem ser atendidas, novas condições financeiras que afetam a rentabilidade do negócio, etc. Tudo isto impõe novas formas de gestão para os ativos físicos.

Em referência ao contexto interno, a estratégia tem que levar em conta os aspectos relacionados com a estrutura organizacional, como organograma, divisão do

trabalho, funções e responsabilidades do trabalho, a distribuição do poder e o processo de tomada de decisões. Também se deve incluir na análise a cultura organizacional, ou seja, a cultura para as mudanças e atitudes para dar colaboração e o aspecto da liderança, selecionando pessoal capacitado e com ascendência e participação gerencial. Este último ponto tem uma influência notável para o processo de aplicação da concepção da manutenção.

- No processo operacional os aspectos que têm que ser contemplados para conseguir sucesso na aplicação da concepção para a manutenção são: o planejamento operacional que tem relação direta com a preparação e o planejamento da implementação das atividades consideradas para o projeto. Além da coordenação das diferentes áreas que participarão do projeto, a definição de um projeto piloto, avaliação e retro-alimentação dos conhecimentos adquiridos, e a aprovação de um cronograma de atividades devem ser contemplados.

Outros aspectos que estão relacionados são: a definição ou alocação do fluxo de recursos necessários para a implementação do projeto, tanto os recursos financeiros como os humanos; o recrutamento do pessoal adequado, para o qual deve se definir a capacitação e os incentivos que serão necessários; os canais de informação para a condução de informação formal e informal; e por último, os mecanismos para o controle e retro alimentação conjuntamente com a definição dos padrões de eficiência.

- O último ponto considerado para o processo de implementação de uma estratégia é a saída desejada do projeto, que pode ser tangível ou intangível. Para a equipe que esteve a cargo da implementação do projeto, uma característica muito desejável é a capacidade de analisar os resultados que se obtiveram, sejam estes bem-sucedidos ou não. Para ambos os casos, se deve analisar as fontes de erros e as áreas dentro do planejamento e da execução, que podem ser melhoradas e para onde estes conhecimentos podem ser transmitidos.

Há uma ampla concordância entre diversos autores de que a engenharia e a gestão da manutenção estão recebendo cada vez mais atenção, especialmente devido à necessidade de obter dos equipamentos, de alto custo, uma alta produtividade, como também influir fortemente, mediante uma efetiva manutenção, no diferencial competitivo do seu produto. Mas, a atenção que recebe a função manutenção é, freqüentemente, resultado de uma ação isolada sem uma adequada integração entre as variadas técnicas empregadas (COETZEE, 1999).

Neste sentido COETZEE (1999), WAEYENBERGH e PINTELON (2002) destacam que a forma correta para direcionar as necessidades para uma função de manutenção efetiva dentro da organização é tendo a visão holística da função. Outro ponto em destaque é que para alcançar um real melhoramento, existe a necessidade de integrar completamente a manutenção no sistema de negócios da empresa (GITS, 1992), especialmente usando tecnologias da informação e formulando uma concepção com bases teóricas comprovadas (SHERWIN, 2000; VATN *et al.*, 1996, PUN, 2002; ZHU, 2002). Além disso, se as variadas metodologias, filosofias e técnicas empregadas são apropriadamente coordenadas e planejadas, o efeito é um melhoramento bem sucedido da função manutenção.

A aproximação mais frequente para incrementar a eficiência da função de manutenção é implementar alguma técnica ou concepção¹ de manutenção mais divulgada. Isto inclui MCC (manutenção centrada na confiabilidade), TPM (manutenção produtiva total), MBC (manutenção centrada na condição), CMMS (sistemas de administração da manutenção computadorizada) entre outras. Todas estas técnicas contribuíram, de alguma forma, para o sucesso da organização da manutenção, mas, a forma casual ou improvisada em que elas são introduzidas pode não resultar na otimização de sua aplicação (COETZEE, 1999).

A forma recomendada, por diversos pesquisadores, para alcançar o sucesso na aplicação de uma maneira da gestão da manutenção não é muito variada, e todos usam um processo iterativo entre diferentes etapas, onde identificam os parâmetros que deveriam ser desenvolvidos para obter o sucesso na implementação do sistema de gestão.

Os pesquisadores VANNESTE e VAN WASSEHNOVE (1995) no projeto “*Computer Aided Maintenance Management*”, usaram um enfoque de integração dos aspectos relacionados com eficácia e eficiência na proposição de um modelo para a gestão da manutenção. A concepção consiste de duas grandes áreas: a primeira parte é relacionada com a análise de eficácia, a qual tem como objetivo detectar os problemas mais importantes e suas soluções potenciais. Na segunda parte, que corresponde à análise de eficiência, assegura que os esforços dedicados ao melhoramento são voltados às tarefas mais importantes. Todas as fases constituem um ciclo fechado o qual é repetido em um programa de melhoramento contínuo dos procedimentos de manutenção e da informação.

¹ Técnica se refere ao uso de facilidades para definir as ações de manutenção e concepção á definição do objetivo principal da função manutenção.

O modelo proposto por COETZEE (1999), para estudar o processo de implementação da gestão usa como base para a discussão a concepção holística da manutenção. A concepção holística que COETZEE (1999) propõe, está baseada no fato de que a complexidade no planejamento da função manutenção, onde intervêm múltiplos fatores, requer uma concepção a qual deve ser estrategicamente conduzida. Esta deve contemplar áreas tão importantes como o clima organizacional, a disponibilidade de pessoal para as necessidades futuras, capacitação, disponibilidade de recursos, sistema de informações, etc. A organização da manutenção é um sistema onde as variadas partes devem funcionar em total harmonia para alcançar o objetivo de fornecer a máxima contribuição para atingir as metas da organização. Tal harmonia não pode ser conseguida mediante a implementação de soluções altamente sofisticadas e localizadas para problemas experimentados em sub-partes da organização. A única solução é um aproveitamento holístico que considera todas as partes críticas da organização da manutenção ao mesmo tempo.

Outro aspecto destacado por todos os autores em relação à gestão da manutenção, é o uso da informação, a qual é um complemento fundamental, mas também deve ser usada na sua quantidade e qualidade adequada. HASSANAIN *et al.* (2001) se concentraram em desenvolver um sistema genérico de gestão da manutenção com forte apoio de um sistema de informação, o qual pode ser customizado à medida da empresa. A sua argumentação é que apesar da disponibilidade de sistemas de software para gestão de manutenção a administração da informação não é boa e muito desta é perdida por causa da sua baixa padronização e, portanto, é quase nulo o aproveitamento em outras aplicações dentro da organização.

WAEYENBERGH e PINTELON (2002) destacam em seu modelo, também o fato de que a concepção de manutenção deve ser desenvolvida de forma holística, considerando aspectos técnicos e administrativos e todas as suas inter-relações, agregando-se uma condição a mais no processo de análise e estudo, além da customização da concepção. No entanto, a estrutura básica aplicada para desenvolver tal concepção é comparável entre as diferentes análises feitas para cada implementação. O fato de propor uma customização na gestão da manutenção está baseado em experiências na aplicação de metodologias como MCC, TPM e LCC. Como cada empresa tem condições particulares, a aplicação das metodologias tal como é descrita na literatura, não dá respostas totais para todos os problemas na gestão. As empresas necessitam customizar os conceitos aplicados trazendo

idéias de outras concepções teóricas e adaptando-as para seus espaços e assim criar a sua própria e flexível concepção da manutenção.

Tem-se um amplo consenso entre os pesquisadores de que a função manutenção tem um papel muito importante no esquema de negócios da empresa e é neste foco onde ZHU *et al.* (2002) propõem um modelo para a administração chamado de gestão da manutenção orientada ao objeto/objetivo (OOMM). O argumento é que as empresas necessitam visualizar o processo de manutenção de uma forma sistêmica, desde as perspectivas administrativa e tecnológica. O conceito de OOMM ajuda as empresas a tratar com o processo de manutenção, a se focalizar no processo de administração das atividades de manutenção e avaliar a cadeia de falhas do equipamento. A orientação ao objetivo focaliza todo o processo de gestão da manutenção fundamentando os objetivos do processo de manutenção para o planejamento, execução e controle das tarefas de manutenção. Por outro lado, a orientação ao objeto enfatiza o foco do processo de manutenção, ou seja, o comportamento do equipamento.

2.3 CONCEPÇÃO DE MANUTENÇÃO PARA UM SISTEMA INDUSTRIAL

Uma organização industrial tem um número elevado de sistemas técnicos, cada um deles com uma função bem definida e inter-relacionados por um fluxo de massa, energia e informação. Cada função individual contribui para alcançar a função global proposta para a organização.

A manutenção contribui agora mais do que nunca, para se alcançar os objetivos das funções pela integração total do processo de produção, o enfoque moderno que se dá a sua gestão e pela consciência que se tem sobre a sua contribuição para obter alta eficiência.

Assim, a manutenção atua positivamente na diminuição do custo total (com maior tempo de bom funcionamento e menor tempo de recolocação), no melhoramento do equipamento (introduzindo melhorias) como também, na segurança das pessoas e do ambiente, no projeto de novos produtos, entre outros aspectos. Tudo isto impõe demandas mais altas para que a equipe de manutenção também aumente a sua eficiência e capacidade.

No desenvolvimento de um produto se manipula uma grande quantidade de informação em todos os aspectos relacionados com o projeto. No referente aos aspectos da manutenção estes dados se relacionam com a confiabilidade, manutenibilidade (o que conduz a disponibilidades) e a sustentabilidade que o equipamento deverá possuir para a satisfação das expectativas do usuário (ver Fig. 2.3). Os aspectos mencionados para a

função manutenção se referem às ações que ela deve prever para que o equipamento obtenha todos os recursos tecnológicos e conhecimentos necessários a fim de fornecer todo seu potencial, não se degrade antecipadamente e o usuário possa obter todo o retorno esperado, ou seja, a base na qual o equipamento deve se apoiar.

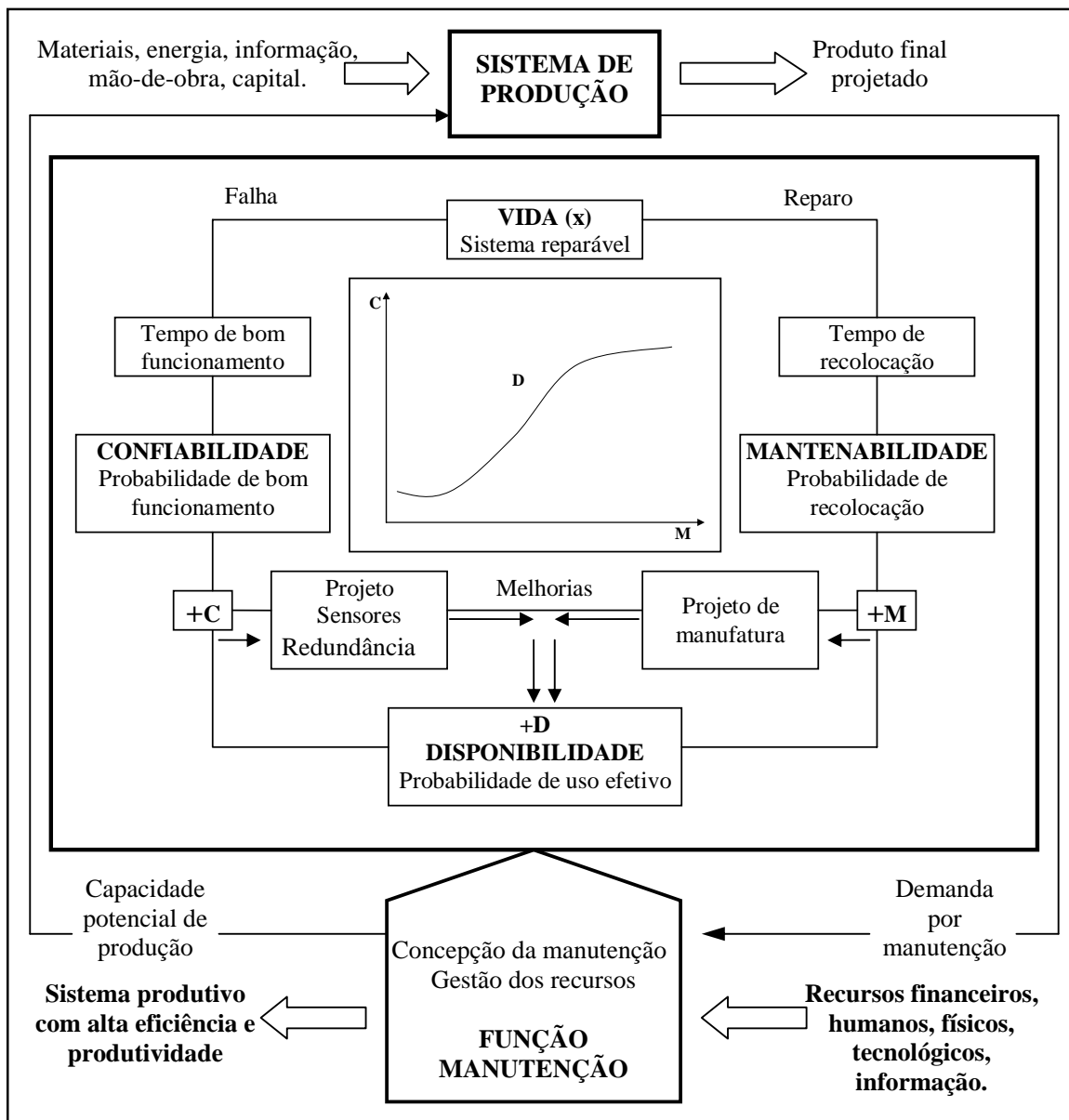


Fig. 2.3 Integração da manutenção no contexto produtivo (baseado em DIAS, 1996)

Um equipamento que se integra a uma linha de produção introduz nela todo seu conteúdo tecnológico e sua concepção da manutenção, os quais foram definidos no projeto do produto. No processo de projeto se identificaram as tecnologias e a confiabilidade dele, custo potencial da implementação e os riscos associados em conjunto com uma concepção

da manutenção. Esta aproximação preliminar deve refletir as necessidades que o produto deve satisfazer e que não são satisfeitas ainda, e aqui tem um papel muito importante a experiência do analista, seu conhecimento e inter-relacionamento com o usuário.

No processo de projeto ou de melhoramento contínuo de um produto há uma grande quantidade de experiência e conhecimentos envolvidos, aplicação de ferramentas de análises, introduções de novas tecnologias e novas informações no desenvolvimento destes. O ótimo seria que todo este volume de conhecimentos possa ser aproveitado quando o equipamento chega à empresa, é usado na produção de bens e serviços e é adaptado às novas condições impostas pela mudança no mercado. A concepção da manutenção para a organização industrial deve se apoiar em toda esta informação.

Na parte de estudo da confiabilidade se desenvolve o que está relacionado com a definição do objetivo do equipamento e do conceito de operação (que é o resultado da previsão da forma e ambiente de uso do item). Resultado disto são os requisitos de confiabilidade, modelagem, análise e predição da confiabilidade, análise dos modos de falhas efeito e criticidade e análise da árvore de falhas. Com base nas análises anteriores se definem aspectos tais como redundâncias, re-configurabilidade, manejo das criticidades do sistema (pontos específicos de falhas, modos degradados de operação), métricas e ferramentas. O conhecimento deve ser aplicado na forma de uso do item, e se as condições não são similares às do projeto inicial, introduzem-se as correções necessárias no projeto ou operação para assegurar seu bom desempenho.

Para a mantabilidade as análises se referem a aspectos como a definição da concepção da manutenção, diagnóstico de falhas, requisitos de testabilidade, modelagem e análise da mantabilidade, análise da acessibilidade e fator humano. O projeto fornece todos estes antecedente, mas estes são projetados em condições que podem não ser as atuais aonde vai a funcionar o equipamento. Corresponde ao usuário, na concepção da manutenção, definir aspectos tais como ajustes das tarefas de manutenção, disponibilidade de recursos, monitoração da eficiência e localização da falha, métricas e ferramentas.

Nas tarefas mencionadas, a sustentabilidade refere-se a que o item tenha sempre apoio de ferramentas, logística, tecnologia e conhecimento. Destacam-se a definição do conceito operacional de sustentabilidade, a análise do sistema na perspectiva de uso de elementos comuns e intercambiáveis, análise da tecnologia e sua evolução e aplicação da tecnologia da informação. Como produto desta etapa se obtém o grau de funcionalidade para os sistemas comuns, o uso de partes padronizadas, seleção e administração de fornecedores, métricas e ferramentas. Aqui está a garantia da continuidade de

funcionamento do item e compete à manutenção aperfeiçoar a tecnologia usada no item e fazer ajustes na parte de logística.

Antes da entrega do produto todas estas características de projeto são analisadas, comprovadas e testadas, para que as necessidades do cliente sejam satisfeitas. É tarefa do usuário, mediante a escolha da concepção da manutenção, acrescentar estas características visando uma manutenção de alta qualidade.

Na concepção da manutenção se define o conceito de gestão da manutenção mais adequada para o grupo de ativos da empresa e a estrutura administrativa sob a qual essas concepções serão conduzidas, executadas e controladas. A concepção deve ser pensada holisticamente (WAEYENBERGH *et al.*, 2002) já que sua definição influi, não somente nas atividades da manutenção e sua execução, na coordenação, apoio logístico e recopilação de dados, mas também em todas as outras atividades produtivas e administrativas que estão presentes na organização.

O desenvolvimento da concepção da manutenção para cada organização está associado à qualidade da informação que a empresa possui sobre aspectos relacionados com ações de manutenção, gestão dos estoques e custos associados, além do nível de conhecimento, experiência do pessoal e compromisso com o desenvolvimento da concepção. Esta última requer muito cuidado para a análise dos critérios de entrada sob os quais será desenvolvida, a decisão sobre os tipos de manutenção a empregar e o fornecimento total do “*know-how*” de cada colaborador, para assim decidir sobre a forma de manutenção que será utilizada.

A concepção da manutenção é materializada na forma de plano de ações de manutenção e este será desenvolvido a partir de critérios que serão usados para sua elaboração. Este plano, conjuntamente com o sistema de gestão, é próprio de cada empresa, porque para ter sucesso este deve abranger, além dos conhecimentos técnicos, todas as capacidades de administração para a integração de pessoal, equipamentos, meios e métodos num bom projeto da concepção da manutenção.

Para definir a concepção se deve analisar os requisitos operacionais do sistema, os tempos mínimos de funcionamento por período, o tempo máximo para reparos, os equipamentos que são mais críticos, seu nível tecnológico, pessoal requerido, risco associado à sua operação, custos estimados para a reparo e perda de produção.

Pode-se adotar a metodologia da Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC), a Manutenção Produtiva Total (TPM), Manutenção Baseada no Negócio (MBN) ou outras. Cada uma delas apresenta maior ou menor ênfase em alguns aspectos que fazem aplicável

a metodologia, dentro de um escopo de viabilidade técnica, econômica e de disponibilidade do recurso humano.

2.4 PRINCIPAIS CONCEPÇÕES DE MANUTENÇÃO: ESTADO DA ARTE

As ações de manutenção são usadas para controlar as falhas e restabelecer o equipamento em falha a seu estado operacional, de preferência, “tão bom quanto novo”. As decisões mais importantes que se devem tomar na administração da manutenção se referem ao tema relacionado com quais itens, que devem ser submetidos à manutenção, que tipo de manutenção deve ser realizado e quando as ações de manutenção devem ser realizadas.

A concepção de manutenção se manifesta como um conjunto de ações necessárias para desenvolver as políticas específicas de manutenção numa organização de produção, o que leva de manifesto ter um objetivo. É a customização da forma como a organização pensa sobre o papel (função a cumprir) da manutenção, vista como uma função operativa. Assim, a concepção da manutenção se traduz em um conjunto de variadas formas de intervenções de manutenção (corretiva, preventiva, sintomática, etc.) e da estrutura geral, nas quais essas intervenções serão realizadas (WAEYENBERGH, 2005).

Em uma concepção da manutenção, reflete-se a ênfase e a percepção que tem a empresa sobre o papel da função manutenção. Por exemplo, se a empresa decide integrar os operadores na manutenção dos equipamentos para aumentar os padrões de qualidade, tratará de adequar à concepção da Manutenção Produtiva Total. Outra que está mais focalizada no controle dos custos da manutenção ao longo do ciclo de vida de um determinado produto, optará pela concepção de Custo do Ciclo de Vida (*Life Cycle Costing-LCC*).

Diversas abordagens de gestão de manutenção têm sido propostas e cada uma delas com distintos graus de sucesso ou insucesso nas suas aplicações. As três concepções mais publicadas e usadas nas empresas terão um maior destaque neste texto: Manutenção Centrada na Confiabilidade - MCC, Manutenção Produtiva Total – TPM (*Total Productive Maintenance*) e Manutenção Centrada no Risco – RBM (*Risk Based Maintenance*) por serem as mais usadas. As concepções tais como: Tero–Tecnologia Avançada, Concepção Estratégica de Manutenção - SMC, Manutenção Centrada no Negócio – BCM (*Business Centered Maintenance*), Apoio Logístico Integrado/Análise do Apoio Logístico – ILS/LSA (*Integrated Logistic Support/Logistic Support Analysis*) e Manutenção com Qualidade Total – TQMain (*Total Quality Maintenance*), serão analisadas em resumo mostrando suas principais características.

2.4.1 Manutenção Centrada na Confiabilidade - MCC

Esta concepção combina, basicamente, várias técnicas e ferramentas para a administração da manutenção tais como as árvores de decisão e a análise do modo de falha e efeito, de forma sistemática, para apoiar efetiva e eficientemente as decisões de manutenção.

O melhor desempenho desta concepção está quando é aplicada desde as primeiras etapas do projeto de equipamentos para evoluir à medida que o projeto avança. No entanto, pode ser usada para avaliar programas de manutenção preventiva com a finalidade de introduzir melhoramentos. A MCC pode ser completamente descrita por suas principais características: preservar a função, identificar os modos de falha que podem afetar a função, priorizar os requisitos da função (por meio dos modos da falha) e selecionar tarefas de manutenção que sejam efetivas. MCC pode, entre outros fatores, melhorar a disponibilidade, confiabilidade e segurança do sistema.

De acordo com RAUSAND (1998), o principal objetivo da MCC é reduzir o custo de manutenção, centrando o foco nas mais importantes funções do sistema e evitando ou removendo ações de manutenção que não são absolutamente necessárias. Se um programa de manutenção já existe, o resultado da análise de MCC eliminará tarefas ineficientes da manutenção preventiva.

A MCC é baseada na suposição de que a confiabilidade inerente de um equipamento é uma função da qualidade do projeto e da construção. Um programa de manutenção preventiva assegura a realização dessa confiabilidade, mas não a incrementa. O incremento da confiabilidade só é possível por meio de re-projeto ou modificações do equipamento.

A análise da MCC pode ser feita como uma seqüência de passos, mas são iterativos já que, à medida que o processo avança o pessoal adquire mais experiência e pode visualizar melhor as funções e, irá corrigir o processo fazendo as modificações, eliminação ou agregação com mais segurança (Fig. 2.4).

A MCC foi projetada para equilibrar os custos e os benefícios com o fim de obter o melhor programa de manutenção preventiva², com um custo mínimo. Para alcançar isto se deve definir os valores referenciais do sistema para assim ter um controle posterior sobre a evolução das práticas de manutenção que foram adotadas.

²Inclui-se sintomática, baseada na condição e cíclica.

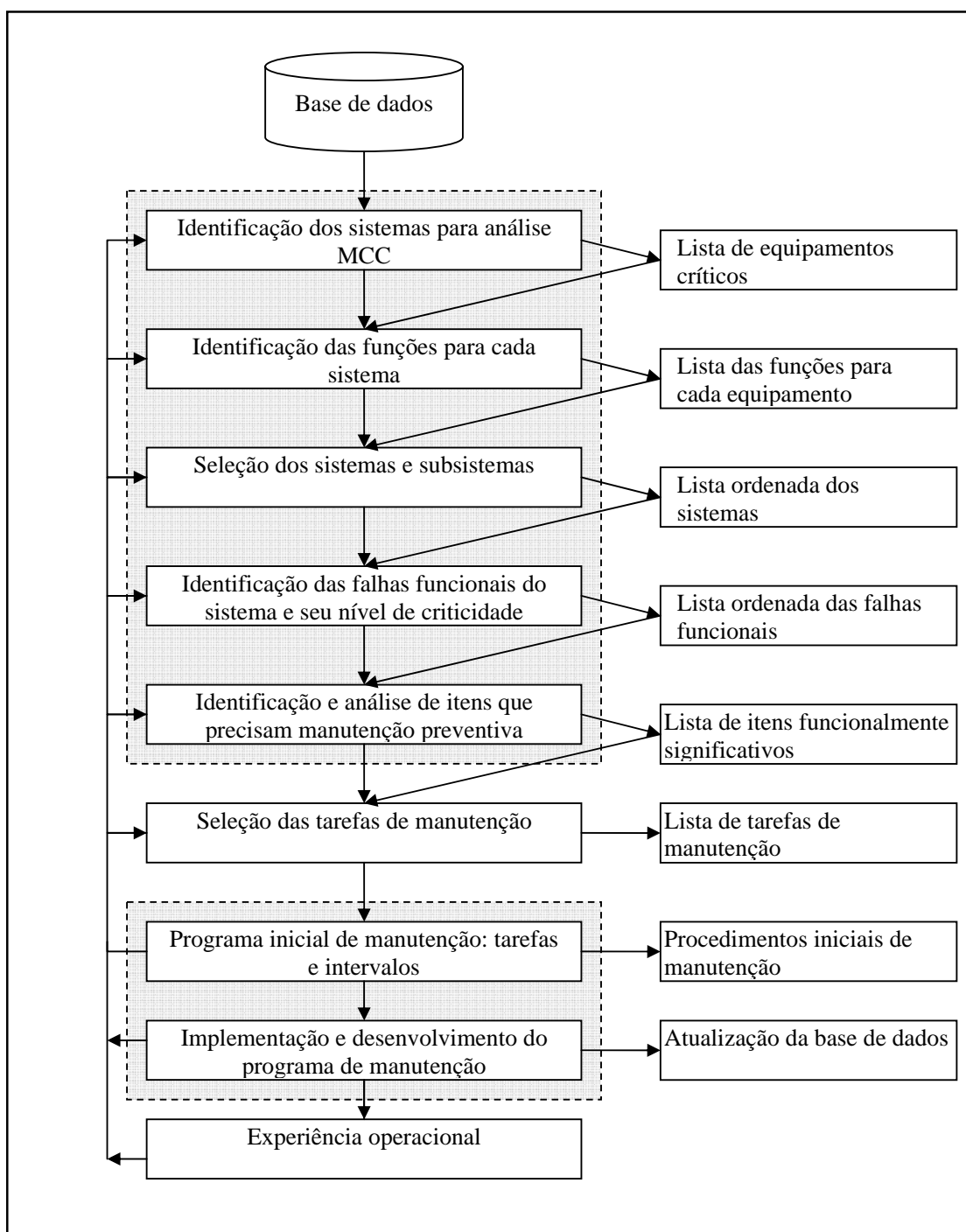


Fig. 2.4 Etapas na aplicação da MCC (adaptado de FLEMING *et al.* 1997 e CARRETERO *et al.*, 2000)

Em essência, a MCC pode ser apresentada de uma forma bem simples enfocando os seus quatro elementos que a distinguem da prática tradicional, que são:

- *Preservação da função* do sistema;
- Identificação das *falhas funcionais* e dos modos de falha dominantes;

- Priorização das falhas funcionais de acordo com as suas *conseqüências*; e
- Seleção das tarefas de manutenção aplicáveis e de custo-eficiente favoráveis, por meio de um *diagrama de decisão*.

Em contraposição ao planejamento tradicional, o paradigma central da MCC é a *preservação da função do sistema* sendo que a análise da MCC basicamente fornece respostas às seguintes perguntas:

- Quais são as funções e os níveis normais de eficiência dos equipamentos em seu atual contexto operacional?
- Qual é o estágio da falha para haver perda da sua função?
- Qual é a causa de cada falha funcional?
- O que sucede quando cada falha ocorrer?
- De que forma cada falha se manifesta?
- O que se pode fazer para prevenir cada falha?
- O que se deveria fazer se uma tarefa preventiva adequada não pode ser executada?

Grande parte dos esforços na implementação da MCC está concentrada em responder a estas questões, em especial na definição das funções e de seus níveis de referência.

Na MCC cada tarefa, de um programa de Manutenção Preventiva – MP, é gerada a partir da avaliação das conseqüências das falhas funcionais do sistema, seguido do exame explícito da relação entre cada tarefa e as características de confiabilidade dos modos de falha do equipamento para determinar se a tarefa é:

- *Essencial* do ponto de vista de segurança e do ambiente
- *Desejável* do ponto de vista de custo-benefício (perda de capacidade operacional e indisponibilidade são consideradas custos) (FLEMING *et al.* 1997).

2.4.2 Manutenção Produtiva Total - TPM

Esta concepção da manutenção tem como objetivo principal a realização da manutenção dos equipamentos com a participação do pessoal da produção, dentro de um processo de melhoria contínua e uma gestão de qualidade total. Considera que não existe ninguém melhor que o operador para conhecer o funcionamento do equipamento que lhe é confiado.

Embora existam especificidades na implementação da TPM em um tipo de indústria e nas metas que possam ser exclusivas para cada caso, as características comuns ao processo de TPM são usualmente conhecidas como *os oito pilares básicos* (Fig. 2.5) que sustentam qualquer implementação de TPM. São eles: manutenção preventiva;

melhorias individuais dos equipamentos; projetos de manutenção preventiva/custo do ciclo de vida; educação e treinamento de novas habilidades; manutenção da qualidade; controle administrativo; cuidado ambiental, segurança e higiene e finalmente manutenção autônoma.

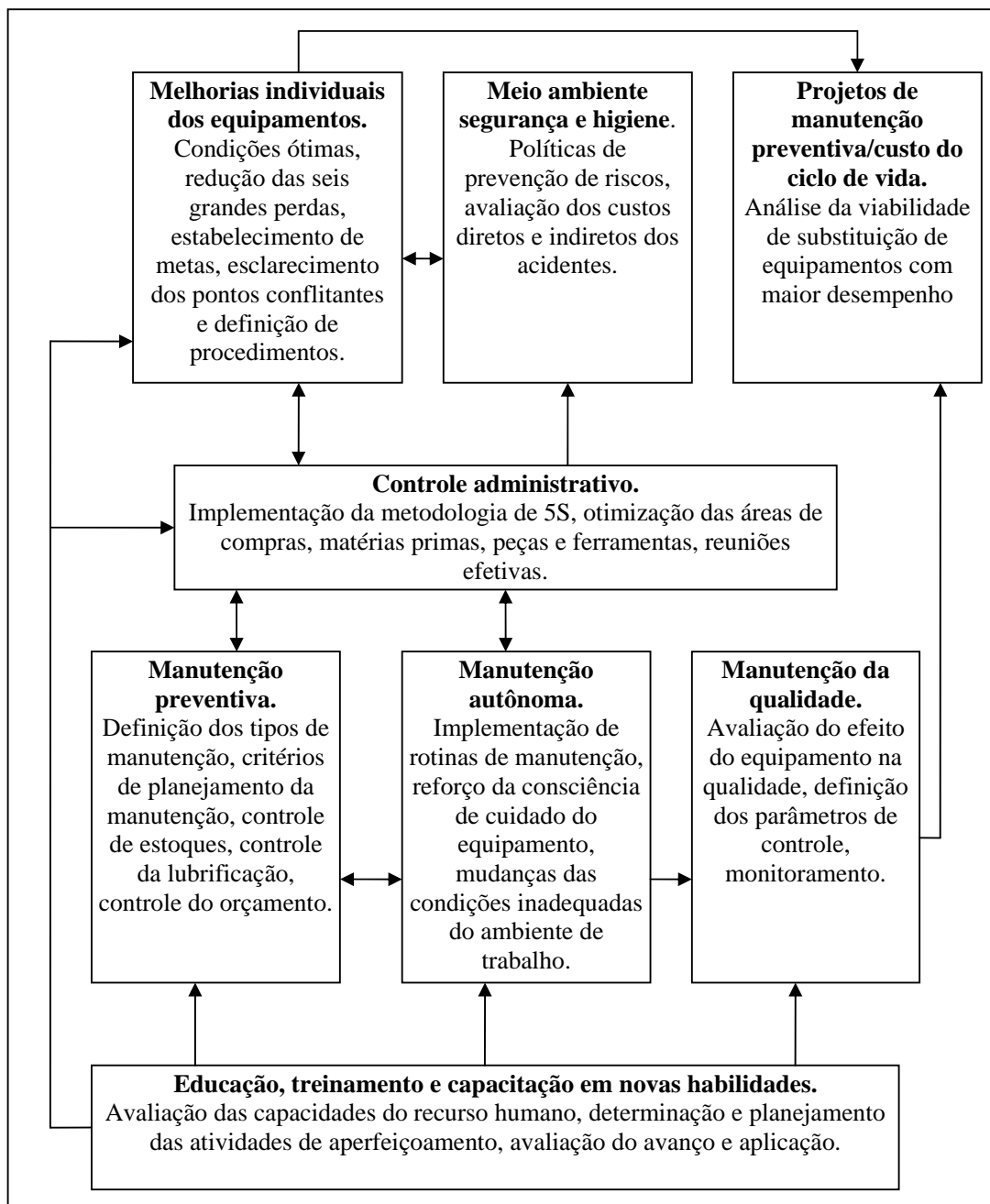


Fig. 2.5 Processo de implementação da manutenção produtiva total (adaptado de TSUCHIYA, 1992)

A TPM pode ser definida da seguinte forma: é projetada para maximizar a efetividade total do equipamento (melhorando a eficiência total) mediante o estabelecimento de um sistema produção-manutenção detalhado, que abrange o ciclo de vida dos equipamentos. Engloba todos os aspectos relacionados (projeto, uso, manutenção, etc.) e, preconiza a participação de todo o pessoal, desde a alta gerência até o “chão de fábrica”, para promover a manutenção produtiva por meio da motivação das atividades administrativas ou de pequenos grupos voluntários (TSUCHIYA, 1992).

O pessoal de manutenção pode conhecer muito bem as especificações do equipamento e as suas partes constitutivas, mas, o operador trabalha e convive diariamente com a máquina e chega a conhecê-la profundamente. Quando se implementa este tipo de manutenção em uma empresa, esta se constitui num complemento da gestão da qualidade total, dado que todo o pessoal se envolve nesta filosofia mediante a sua participação.

A implementação da TPM é uma tarefa não só do departamento de manutenção, como também dos departamentos de produção e da engenharia. Essa característica da metodologia força a quebra da tradicional “*rivalidade*” entre as divisões de uma mesma empresa (TAVARES, 2003). O envolvimento integrado de todos na empresa passa a ser, então, uma outra característica da TPM. A condução do processo por meio de atividades de pequenos grupos, formados desde a alta gerência até o “*chão de fábrica*”, demonstra que o apoio decisivo da alta direção é uma pré-condição para o sucesso da implementação da TPM.

Os oito pilares básicos que norteiam a filosofia da metodologia de TPM definem ações concretas que visam alcançar as metas que traduzem esses pilares para o contexto da indústria em questão. A meta principal da TPM é a quebra-zero e, para atingí-la, os objetivos específicos devem ser perseguidos, tais como: eliminação das grandes perdas (paradas por quebra, preparação e ajustes, redução da taxa de produção, ociosidade e interrupções, defeitos e re-trabalho e perdas na partida), manutenção autônoma; manutenção planejada; educação e treinamento. Alguns autores consideram estes objetivos como características básicas do processo.

Uma das ferramentas mais importantes é a Efetividade Global do Equipamento - OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) - a qual é composta em três parâmetros que têm um papel relevante na filosofia TPM: disponibilidade do equipamento, a taxa de produção ou eficiência e a qualidade do produto. A multiplicação dos três é a OEE. Este índice mostra aos encarregados da manutenção em quais das seis grandes perdas precisam concentrar-se para aumentar o desempenho do equipamento.

2.4.3 Manutenção Baseada no Risco - RBM

Neste caso a manutenção é baseada no risco de um acidente e está centrada na busca da redução do risco global do equipamento produtivo. Nas áreas onde o risco é alto ou médio concentra-se manutenção maior e em áreas com um risco menor os esforços de manutenção são menores com a finalidade de minimizar o escopo de trabalho e os custos do programa de manutenção numa forma estruturada e justificada (Fig. 2.6).

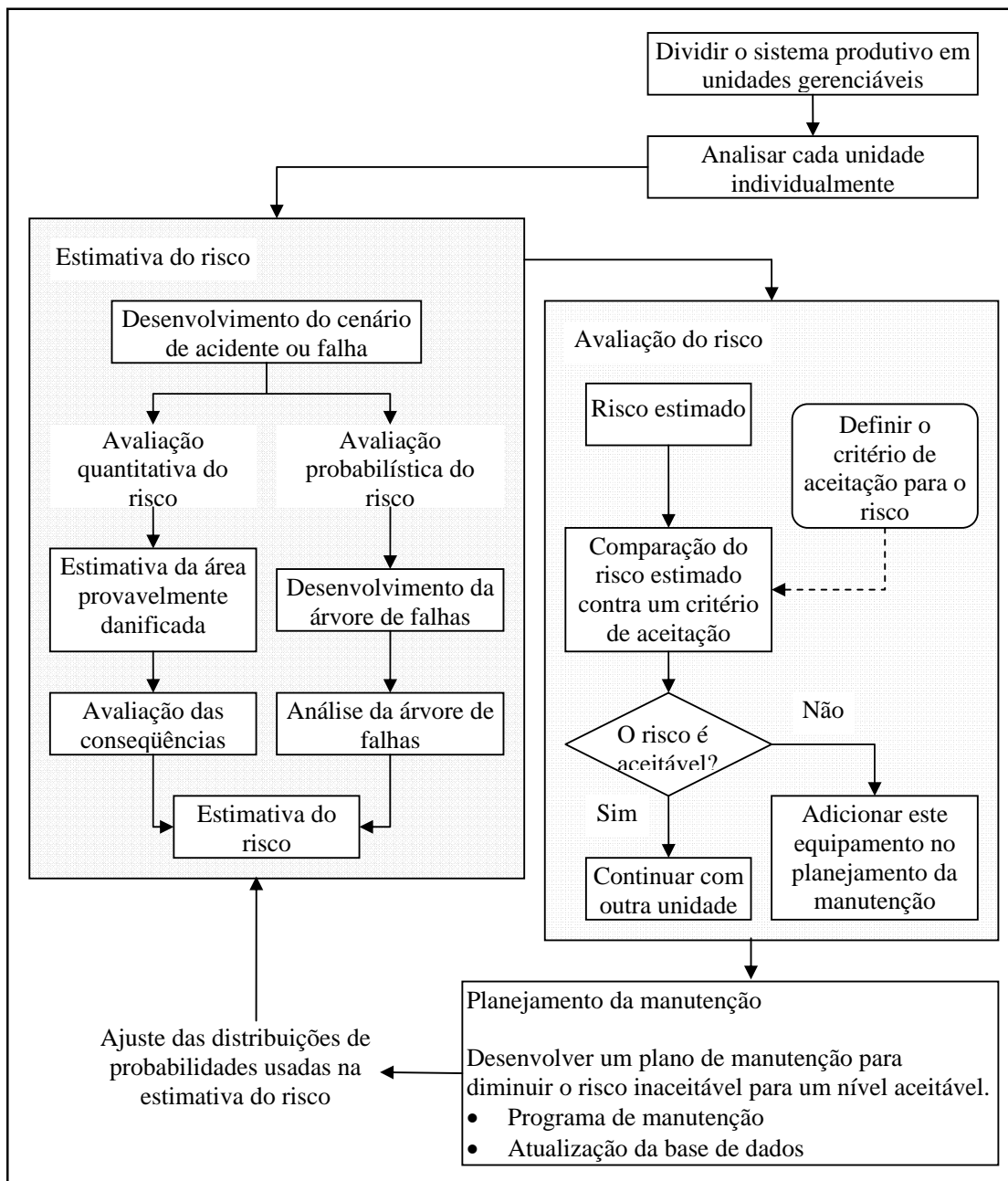


Fig. 2.6 Processo de implementação da concepção da manutenção baseada no risco (adaptado de KHAN, 2003)

O valor quantitativo do risco é usado para priorizar as inspeções e tarefas de manutenção. RBM sugere um conjunto de recomendações sobre a quantidade e profundidade das tarefas preventivas que devem ser realizadas. A implementação da RBM visa reduzir a probabilidade de uma falha inesperada que desembocaria em um acidente, humano ou ambiental.

A metodologia para a manutenção apoiada no risco está composta de três módulos principais:

- Determinação do risco, que consiste na identificação e estimativa do risco. Este módulo contém quatro passos: descrição do cenário das falhas, avaliação das conseqüências das falhas, análise das probabilidades para a ocorrência das falhas e estimativas do risco.
- Avaliação do risco, cujo objetivo é estimar o risco usando os seguintes passos: definir um critério para que o nível do risco seja aceitável para cada sistema em estudo conforme a sua natureza e tipo, e comparar o risco estimado contra o nível definido como aceitável e, assim, definir as prioridades da manutenção.
- Planejamento da manutenção considerando os fatores de risco. Os passos deste módulo são as estimativas do intervalo ótimo para as manutenções e uma re-estimativa e re-avaliação do risco

O principal objetivo desta análise é determinar um plano de manutenção que visa minimizar o nível do risco resultante de uma falha do sistema. Realizando a avaliação do risco, mediante o uso de técnicas apropriadas para esse tipo de análise, determina-se o valor do nível de risco aceitável. Usando o valor da probabilidade da falha do evento topo, avalia-se uma árvore de falha reversa (*top-down*) para determinar a probabilidade requerida dos eventos raízes. A probabilidade da falha do evento raiz é usada para estimar o intervalo de tempo entre tarefas consecutivas de inspeção ou de manutenção.

2.4.4 Resumo comparativo para outras concepções de manutenção

As demais concepções de manutenção listadas no início deste item foram propostas por diversos autores, apresentam algumas características distintas entre si e em relação às três descritas anteriormente, por isto não serão detalhadas individualmente. A seguir apresenta-se, na figura 2.7, uma lista destacando, as referências, objetivo, características e procedimento para implementar.

	Objetivo	Características	Procedimento
Tero-tecnologia avançada (SHERWIN, 2000)	<p>Criar uma combinação de sistema administrativo e canais de comunicação os quais provêm suporte para a manutenção.</p>	<p>É uma combinação de conhecimentos de gestão, finanças, engenharia, projeto, construção e outras práticas aplicadas a bens físicos na busca de um ciclo de vida econômico. Inclui: ter ativos com manutenibilidade e confiabilidade; aplicação das melhores tecnologias; ativos com características de operatividade; uso de técnicas operativas para reduzir as paradas e melhorar os cuidados dos bens; controle e monitoramento dos custos e informação de retro alimentação; programas de seleção e treinamento para os colaboradores.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Fazer análise FMECA. - Realizar projeto do equipamento. - Definir especificações técnicas e econômicas. - Aquisição do equipamento, testar, analisar e definir instalação dos equipamentos. - Testes, ajuste e receber em conformidade. - Treinamento, capacitação dos operadores e mantenedores. - Operação e manutenção. - Substituição.
Concepção estratégica de manutenção – SMC (MURTHY et al., 2002)	<p>Integrar estrategicamente a concepção da manutenção com outras áreas da empresa baseada em modelos para tomada de decisão.</p>	<p>Na concepção SMC a manutenção é uma atividade multidisciplinar que envolve o conhecimento científico da degradação dos mecanismos. Este conhecimento baseado na análise dos dados coletados na empresa avalia o estado do equipamento, constrói modelos quantitativos para a predição dos diferentes impactos das ações (de manutenção e operação) na degradação do equipamento e administra a manutenção a partir de uma perspectiva estratégica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Conhecimento total do equipamento. - Planejar, de forma otimizada, as ações de manutenção, o qual implica: coletar e analisar os dados relevantes para avaliar o estado do equipamento; construir modelos para prever as consequências das ações de manutenção e das cargas de operação e decidir sobre as melhores ações de manutenção. - Implementação das ações que otimizam a manutenção.

Fig. 2.7: Quadro resumo para as concepções de manutenção

	Objetivo	Características	Procedimento
Manutenção centrada no negócio – BCM (WAEYENBERGH, 2002)	Identificar os objetivos do negócio e estes são trasladados para os objetivos da gestão da manutenção. O foco central é posto na orientação de que a manutenção tem que ser visualizada como um centro de benefícios e não como um centro de custos.	Esta concepção requer para o seu desenvolvimento uma quantidade grande de informação sobre o processo de produção, plano de produção, predições de vendas, carga de trabalho projetada, ciclo de vida do produto e do equipamento, confiabilidade esperada do sistema técnico, entre outras informações. O total do equipamento é dividido em múltiplas unidades de produção e cada uma como uma concepção própria para a manutenção, sendo similares às unidades de negócios, todas interconectadas.	<ul style="list-style-type: none"> - Definir os objetivos do negócio da empresa. - Processo de compatibilização e internalização. - Definir os objetivos para função manutenção. - Identificar os grupos funcionais úteis críticos e perfil do processo produtivo. - Dividir cada grupo funcional em itens que precisam de manutenção. - Determinar e ordenar os procedimentos da manutenção. - Estabelecer métodos e tempos para os trabalhos de manutenção definidos. - Estabelecer um programa para a manutenção em linha, fora de programa de produção e paradas gerais. - Estabelecer guias para as manutenções corretivas inesperadas.

Fig. 2.7 (Cont.): Quadro resumo para as concepções de manutenção

	Objetivo	Características	Procedimento
Apoio logístico integrado/Análise do apoio logístico - ILS/LSA (WAEYENBERG, 2002)	<p>O principal objetivo do ILS é assegurar a integração de variados elementos de apoio (recursos e pessoal, capacitação, peças e partes, testes e equipamentos de apoio, facilidades para a manutenção, transporte e manuseio, recursos computacionais e dados técnicos).</p> <p>LSA é um processo analítico para identificar e avaliar a logística de apoio de um sistema novo.</p>	<p>ILS é uma função administrativa que fornece o planejamento inicial, suportes e controle para assegurar que o usuário receberá um sistema que não somente atingirá seus requisitos de desempenho, mas, também poderá ser apoiado (mantido) em forma econômica e expedita ao longo de todo seu ciclo de vida útil.</p> <p>É claro que a análise ILS/LSA é mais efetiva e terá um grande impacto no custo na fase de projeto conceitual e nas primeiras etapas do programa.</p> <p>Como tal, a análise do ILS/LSA é apropriada para pesquisar as alternativas de estratégias para manutenção.</p> <p>Tais decisões deveriam ser influenciadas pela informação de retro alimentação do projeto, desempenho e custos que provêm do ciclo completo de vida de toda a instalação.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Definição do problema e identificação das alternativas. - Preparação da estrutura de custos hierarquizada. - Coleta dos dados de custos e desempenho; custo de aquisição do produto ou item; de distribuição do produto; de operação; de treinamento; de estoques; de descarte do produto; de atualização dos dados técnicos e custos de manutenção. - Cálculo do custo do ciclo de vida. - Comparar opções e realizar um <i>ranking</i>. - Efetuar uma análise de cenários e de sensibilidade. - Investigação das restrições de custos - realizar as compensações.

Fig. 2.7 (Cont.): Quadro resumo para as concepções de manutenção

	Objetivo	Características	Procedimento
Manutenção com qualidade total - TQMain (SHERWIN, 2000; AL-NAJJAR, 1996)	Implementar técnicas de manutenção apoiada na condição, tal como a análise das vibrações para melhorar as políticas de manutenção depois de cada retirada da parte por meio da confrontação com os dados históricos armazenados.	Nesta concepção considera-se o equipamento e todos os elementos essenciais que constituem o processo de manufatura tais como as operações de produção, condições ambientais, controle de qualidade, pessoal, métodos e materiais. É baseado no uso intensivo de dados e de sua análise para detectar as causas de cada desvio na qualidade do produto e na condição de operação do equipamento e monitorar a evolução do defeito (dano) nas primeiras etapas para aumentar a vida média do equipamento.	<ul style="list-style-type: none"> - Definir as características do produto. - Obter informação de cartas de controle, limites, desvios, capacidade do processo, normalidade e causas atribuíveis. - Identificar e analisar as causas por trás dos desvios. - Classificar os elementos do processo os quais são os responsáveis dos desvios. - Determinar a melhor combinação dos elementos do processo. - Re-ajustes dos elementos do processo.

Fig. 2.7 (Cont.): Quadro resumo para as concepções de manutenção

2.5 EXPERIÊNCIAS NA APLICAÇÃO DAS CONCEPÇÕES DE MANUTENÇÃO

Variados estudos sobre a implementação e aplicação das diferentes concepções para a manutenção indicam melhorias na gestão da manutenção, umas mais bem sucedidas que outras, entretanto todas as formas contribuem na consecução dos objetivos propostos para a função manutenção. Este ponto é importante já que o fato de ter uma concepção ajuda enormemente aos esforços para introduzir melhorias na gestão.

McKONE *et al.* (2001) indicam que TPM pode ser pensada como parte integrante de uma estratégia de Manufatura de Classe Mundial que também envolve Produção Just-in-Time (JIT), Administração Total da Qualidade (TQM) e Integração do Pessoal (*Employees Integration* EI). O autor levanta a hipótese de que as companhias que implementam TPM não somente são capazes de melhorar suas práticas de manutenção, mas também melhorar sua performance na manufatura. Esta hipótese foi provada com um estudo que abrangeu 114 empresas manufatureiras.

Uma análise mais detalhada das condições que devem ser desenvolvidas para a implementação da TPM é realizada pelos pesquisadores IRELAND e DALE (2001), os quais estudaram esta aplicação em três empresas de grande porte que tinham problemas nos negócios (redução da competitividade, necessidade urgente de aumentar a produção e até a possibilidade de terminar suas atividades). Conforme as características inerentes de TPM decidiram implementá-la com a finalidade de diminuir custos, envolver todo o pessoal para o sucesso da companhia e, principalmente, para ordenar o processo de administração.

O estudo mais recente que reporta a aplicação de TPM foi realizado por CHAN *et al.* (2005) em uma companhia multinacional de componentes eletrônicos, que em um prazo de dois anos conseguiu fazer uma implementação bem sucedida de TPM, sob consulta ao JIPM. Mas, a obtenção do sucesso na aplicação ocorreu numa segunda tentativa. A análise das causas que levaram ao insucesso na primeira instância foi um aporte significativo para o resto dos pesquisadores na área, já que em geral os fracassos não são relatados.

Uma experiência muito interessante foi relatada por PRICKETT (1999), sobre a aplicação do conceito de manutenção autônoma de TPM para melhorar a efetividade global do equipamento (OEE) e do sistema de manufatura flexível. A aplicação foi desenvolvida com base em três parâmetros: taxa de disponibilidade, taxa de desempenho e taxa de qualidade. A vantagem de usar esta concepção está no fato de permitir identificar claramente as causas das perdas no desempenho da manufatura e facilita o monitoramento contínuo dos fatores mais importantes que influenciam o desempenho do sistema de manufatura. Esta aplicação permitiu passar de um desempenho de 55% para 80% com um valor esperado de 89% quando se implementassem todas as ações de melhoria contínua que incluem a manutenção autônoma e central.

Um exemplo da aplicação de MCC é analisado pelos pesquisadores DESHPANDE e MODAK (2002) numa indústria de aço de médio porte na Índia. A escolha da MCC foi baseada nas suas características que estão descritas na literatura que permitem atingir objetivos como a diminuição das tarefas de rotina da manutenção a um mínimo permitido para sustentar o desempenho da planta produtiva sem perder qualidade, segurança e integridade do ambiente. A meta da indústria era de ser competitiva mediante uma diminuição dos custos e melhorar a qualidade da produção. O artigo só fornece todo o roteiro que a empresa seguiu para a implementação da MCC, definindo os tipos de manutenção para cada item definido como crítico e não mostra uma análise ou estudo sobre a esperada diminuição de custos.

Uma análise das condições para a aplicação da MCC, na área marítima, é feita pelos pesquisadores MOKASHI, WANG e VERMAR (2002). As empresas marítimas também devem ser eficientes, especialmente com relação ao custo e a função manutenção tem uma ampla margem de contribuição. Mas, sob as condições na qual a atividade marítima desenvolve suas operações (com mudanças do ambiente, com uma estrutura hierárquica muito rígida e que não fomenta o trabalho em equipe, com pessoal pouco preparado técnica e administrativamente, com informações pouco confiáveis, etc.), a aplicação da MCC é complicada, mas é necessária. Assim, os autores propõem um método para aplicar MCC na parte técnica e fazer uso da filosofia de TPM na parte administrativa e de relações humanas.

A metodologia MCC também foi implementada em uma empresa manufatureira do ramo automotivo e se procurou encontrar um método com o qual uma concepção da manutenção poderia ser desenvolvida de forma eficiente. PINTELON, NAGARUR e VAN PUYVELDE (1999) mencionam no seu artigo que o foco estava na dificuldade do caso: uma máquina totalmente automatizada, complexa e custosa, relativamente nova com um nível muito baixo de dados sobre falhas e comportamento. Além disso, o método obtido deveria ser suficientemente robusto para ser aplicado posteriormente nos demais equipamentos definidos como críticos.

Para selecionar a metodologia da MCC como melhor alternativa, foi feito um exame cuidadoso na literatura, das características das possíveis metodologias a implementar. Para obter informação técnica buscou-se um equipamento com componentes similares e com histórico completo e toda esta informação se ajustou para o equipamento em estudo, com um trabalho em equipe composto pelo pessoal de manutenção, de produção e da engenharia. Como resultado deste trabalho obteve-se recomendações para definir tarefas de manutenção, rotinas de manutenção preventiva para o operador e um cronograma de manutenções preventivas.

A aplicação da manutenção apoiada no risco foi analisada por KHAN (2003) para um sistema de ventilação, calefação e ar condicionado de um centro hospitalar, onde era preciso uma alta confiabilidade do sistema de ventilação devido às implicações negativas de um mau funcionamento. Com a aplicação da metodologia contida na RBM se conseguiu diminuir a probabilidade de paradas inesperadas para um nível que é considerado aceitável e, por conseguinte obter uma alta confiabilidade mediante a identificação das tarefas de manutenção para aqueles itens considerados críticos para o bom funcionamento, tudo isto usando a metodologia proposta na análise de riscos.

MURTY *et al.* (2002) analisaram a aplicação da manutenção estratégica para os casos de gasodutos de gás industrial, máquinas para fotocópias e otimização da caçamba para uma draga de mineração. Suas conclusões apontam para a conveniência de integrar aspectos técnicos, operacionais e comerciais em conjunto com a manutenção. Os fatores chave para a manutenção estratégica são: conhecimento de processos de degradação, necessidade de coletar dados apropriados, fazer uma análise com pertinência, o uso de modelos matemáticos para avaliar as alternativas de estratégias para a função manutenção e ter um melhoramento contínuo no desempenho dos negócios.

Uma descrição detalhada para adequar a aplicação da metodologia ILS, usada pelas forças armadas dos E.U.A. e Inglaterra, para administrar todo o apoio logístico para seus equipamentos militares móveis (terrestres e aéreos) é apresentada por GALLOWAY (1996) em seu artigo. Descreve-se todo o procedimento utilizado na metodologia, no qual há um ponto dedicado à manutenção e como este processo pode ser utilizado na área civil. Mostra as vantagens da aplicação, seus efeitos sobre os custos, a sustentabilidade do equipamento durante seu ciclo de vida e os requisitos de informação para a gestão.

2.6 MODELOS PARA A ANÁLISE DA SITUAÇÃO DA FUNÇÃO DE MANUTENÇÃO

Um dos fatores que influem de forma negativa no momento de implementar uma nova concepção de manutenção é o desconhecimento, ou ter uma percepção vaga do ambiente tecnológico e humano que está presente na organização. A determinação ou definição deste estado inicial é de alta relevância e deve ser determinado ou visualizado, a fim de traçar o caminho mais adequado para chegar à meta proposta.

Os aspectos humanos e tecnológicos que influem no processo de implementação da concepção de manutenção e da definição do modelo de gestão, precisam ser caracterizados na forma de variáveis quantificáveis, ou seja, assimilar um valor ou um conceito bem definido para cada estado em que as variáveis que modelam o sistema sob estudo possam apresentar-se. Esta forma de análise permite ao analista conhecer o estado atual dos recursos físicos e humanos da organização e, junto ao estado final que é desejado, propor alternativas de ação para eliminar todos os aspectos que não contribuem de forma positiva para alcançar o objetivo.

Nesta parte se analisam três modelos principais que serão incluídos posteriormente na implementação computacional. Um é o modelo de análise situacional que será usado para avaliar o estado atual da gestão dos recursos de manutenção, em referência aos

objetivos propostos para a função, outro é o modelo de maturidade para analisar o aspecto humano presente na organização da manutenção e o último é o diagrama de causalidades que avaliará a condição técnica dos equipamentos e ajudará a internalizar os objetivos da empresa na função manutenção.

2.6.1 Modelo para análise da maturidade da função manutenção

É importante compreender que todas as organizações (e não está excluída a função manutenção) atravessam seus próprios processos de maturidade e que se trata de um processo que deve preceder a excelência. A maturidade é a qualidade ou o estado de ser madura. Quando se aplica o conceito de maturidade a uma organização, analisa-se o estado onde a organização se encontra em relação a uma condição ideal para conseguir seus objetivos. (ANDERSEN e JESSEN, 2003).

A maturidade da manutenção significaria então que a organização está perfeitamente condicionada para tratar seus projetos. Mas a maturidade dentro da organização da manutenção é explicada pela soma da ação (habilidade de agir e decidir), da atitude (vontade de estar envolvido) e do conhecimento (uma compreensão do impacto da vontade de fazer algo novo e da ação).

Para fazer uma avaliação da maturidade dentro da função manutenção é preciso medir o estado em que a empresa se encontra. CLARKE e GARSIDE (1997) propõem um modelo que combina cinco aspectos: compromisso, cultural, comunicação, ferramentas e metodologias e gerenciamento de conflitos (Fig. 2.8).

Para o caso da manutenção, cada um destes aspectos significa o seguinte:

- *Compromisso*: Inclui reconhecer a mudança como uma parte integral da estratégia da função, em concordância com a estratégia da organização, nível da apropriação em toda a organização mais particularmente no nível de gerência e formação de equipes de trabalho. Também inclui a provisão de recursos adequados para permitir que o projeto funcione eficazmente e da participação do pessoal em todos os níveis da organização que têm um relacionamento com a manutenção em todos os estágios do projeto.
- *Cultural*: Refere-se principalmente às pessoas como elemento da mudança, isto é, o assunto que envolve o comportamento das pessoas, das percepções e das atitudes para todos os aspectos da mudança. Refere-se ao nível da participação e do apoio à mudança não somente do pessoal da manutenção, mas também inclui a produção, a

administração dos recursos humanos e financeiros e do pessoal de apoio logístico e computacional.

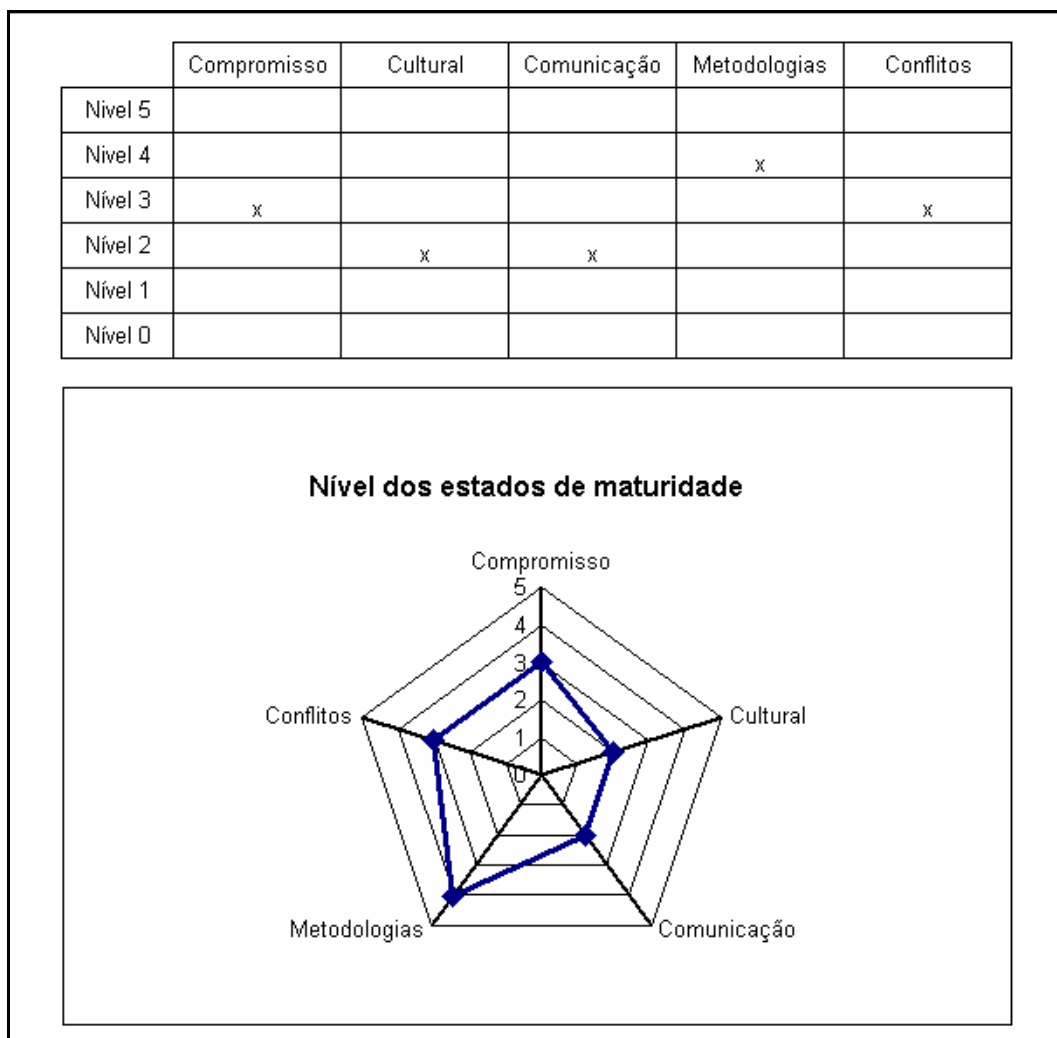


Fig. 2.8 Diagrama radar para a análise da maturidade da organização (adaptado de CLARKE e GARSIDE, 1997)

- *Comunicação*: Considera todos os aspectos associados com uma comunicação interna e externa. Isto inclui a programação dos tempos, métodos para uma comunicação efetiva dos conteúdos das mudanças. O escopo principal é que todas as pessoas estejam totalmente informadas sobre as mudanças, os benefícios e como estão comprometidas com a forma em que será feita a manutenção no presente momento.
- *Ferramentas e metodologias*: Embora o interesse predominante seja com o uso da metodologia da gerência de projeto (equipes de projeto e gerentes de projeto),

também se deve incluir o uso de medidas de comparação, de desempenho e de processo. Cobre também o conhecimento subjacente requerido para assegurar que a mudança possa ocorrer eficazmente e facilitar o uso da entrada de conhecimentos e do treinamento externo. Manutenção deve, em sua área, liderar e propagar o uso de ferramentas para ter um controle e retro-alimentação das suas ações.

- *Gerenciamento dos conflitos*: Refere-se à preocupação de não interagir negativamente com outros métodos que já estão em aplicação dentro da organização para tratar esses conflitos. Controlar o equilíbrio entre as operações normais e as outras mudanças que podem acontecer na organização e que nenhuma das melhorias feitas resulta no desenvolvimento de um dos fatores chaves de sucesso à custa de outros. Deve haver o equilíbrio entre os distintos fatores que promovem o sucesso da produção.

Uma organização pode ser madura em gestão e não ser excelente. A definição de excelência vai além da definição de maturidade. Quando as organizações desenvolvem sistemas e processos maduros, surgem dois benefícios adicionais: primeiro, o trabalho é executado com um mínimo de mudanças de escopo; segundo, os processos são definidos de maneira a causarem o mínimo de problemas para o negócio principal da empresa (KERZNER, 2000).

Os estados da maturidade impõem condições distintas para a gestão já que o escopo não pode ser o mesmo para todas elas. A fase mais adversa (fase onde predomina a desordem) se caracteriza pelo reconhecimento de uma necessidade ou falência do serviço que se obtém e que precisa mudar para atender com sucesso os objetivos da empresa. Neste estado, é muito difícil empreender uma mudança da gestão e se deve primeiro fazer um trabalho em todos os aspectos para que o pessoal empenhe todos seus esforços para conseguir um melhor nível. Nesta etapa é muito importante o comprometimento da alta gerência com o desenvolvimento da função de manutenção e a participação ativa e efetiva da equipe de manutenção para desenvolver um projeto de melhoramento da gestão.

Nas etapas da implementação da função manutenção já se pode desenvolver uma metodologia de gestão da manutenção com suas correspondentes ferramentas de seleção e avaliação da concepção da manutenção. Assim, a obtenção do comprometimento com o que foi planejado é mais simples e se pode definir um sistema de rastreamento da gestão. Na fase de maturação se pode desenvolver um sistema de controle da gestão de custos e de programação e desenvolver um programa de capacitação para melhorar as competências da equipe na parte tecnológica e de gestão da manutenção.

No que concerne excelência FLYNN *et al.* (1999) citam os fundamentos de HAYES e WHEELRIGHT mediante os quais se manifesta a excelência ou performance superior. No caso da manutenção pode-se explicitar da seguinte forma:

- *Capacidades e habilidades da força de trabalho.* O pessoal da manutenção está altamente capacitado e seus conhecimentos são transmitidos às pessoas que fazem uso do equipamento com o fim de minimizar as atividades não programadas de manutenção. Há um reconhecimento e recompensa aos esforços para se aperfeiçoar e contribuir com seus conhecimentos para o melhoramento da produtividade dos equipamentos. A rotação do pessoal é baixa e há um intercâmbio fluente de informação entre eles.
- *Competência na administração e na técnica.* Os administradores superiores são, em geral, engenheiros e os demais têm graus técnicos. O treinamento dos administradores em tecnologias que são importantes para a empresa começa cedo nas suas carreiras. Há uma rotação dos administradores por variadas funções da manutenção para ampliar sua experiência e, também é recomendável que os administradores assumam tarefas na produção.
- *Evidência pela qualidade.* A manutenção sempre deve buscar o alinhamento de seus serviços e procedimentos para sustentar as necessidades dos equipamentos, em primeiro lugar. Tem um compromisso de longo prazo com a qualidade do serviço. Transmite conhecimento de manutenibilidade, confiabilidade e segurança ao projeto dos produtos que a empresa manufatura.
- *Participação da força de trabalho.* Deve desenvolver uma cultura de confiança entre o pessoal dos vários departamentos, os trabalhadores e administradores. Isto permite um contínuo fluxo de informação que dá forças às ações de manutenção. Há uma complementação entre o pessoal para analisar e decidir o momento, a duração e a participação nas tarefas de manutenção e atualização dos equipamentos. Há um total conhecimento da função que desenvolve manutenção.
- *Melhoramento contínuo da engenharia de manufatura.* Há uma forte atenção na contribuição ao melhoramento da eficiência global da tecnologia usada na indústria. A contribuição da manutenção para o melhoramento dos equipamentos está enfocada no aumento do ritmo de produção, instalação de mecanismos de automação, participação na seleção de novos equipamentos e definição do momento da substituição de uma máquina.

- *Enfoques para melhoramentos incrementais.* A função manutenção se preocupa em avançar na tecnologia da informação com o fim de avaliar com dados precisos, seu desempenho e ter as bases para propor e implementar ações corretivas. Isto se manifesta em rápidas respostas, alto grau de flexibilidade, orçamentos bem mensurados e custo dentro dos limites estabelecidos.

2.6.2 Modelo para a análise da situação da gestão de manutenção

Para identificar e integrar os elementos de um sistema de manutenção, com a finalidade de revelar as variáveis de decisão, RIIS *et al.* (1997) propõem o modelo conceptual mostrado na Fig. 2.9.

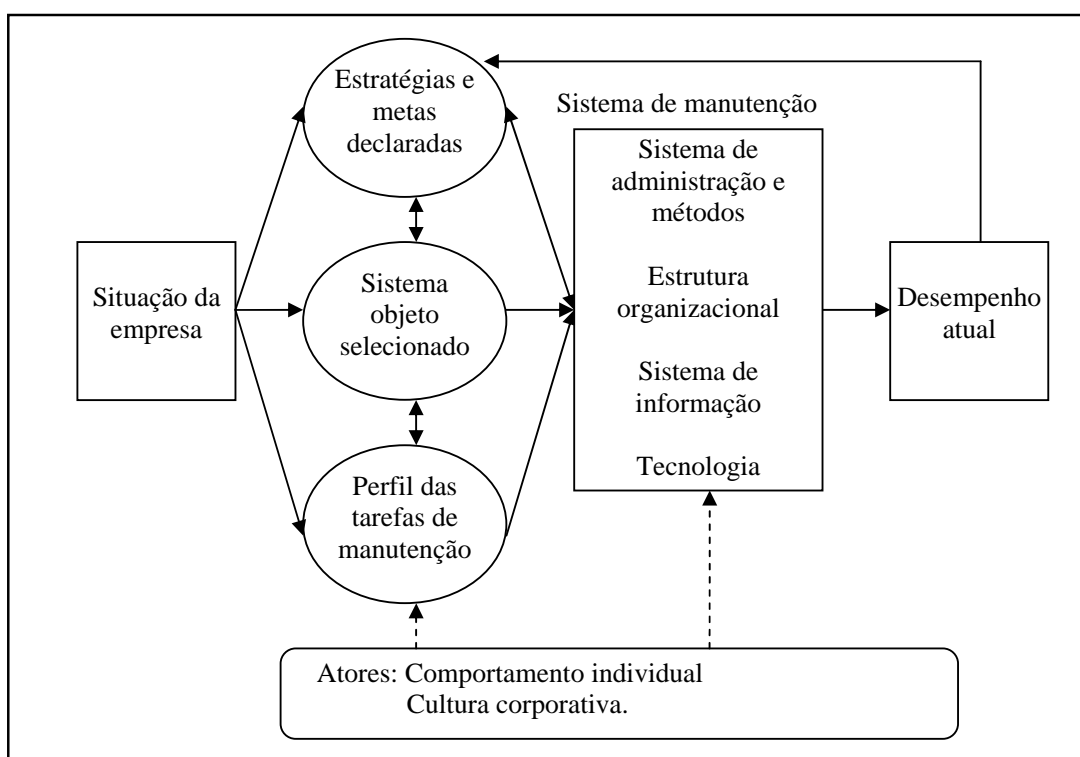


Fig. 2.9 Modelo situacional da função manutenção (adaptado de RIIS *et al.*, 1997)

Neste modelo se dá especial ênfase às interações dos elementos da função manutenção com as metas declaradas para o sistema objeto (área focal) e com perfil das tarefas de manutenção. Além disso, as mudanças na situação da empresa e a avaliação do desempenho atual podem provocar modificações nas metas corporativas declaradas, o qual afeta o sistema objeto selecionado e o perfil das tarefas de manutenção.

A teoria para a análise da situação de um sistema, tem suas raízes na tomada de decisão normativa, na teoria de sistemas, na teoria organizacional (na perspectiva das

contingências) e no projeto de engenharia. Essencialmente, quando é visto da perspectiva de uma organização industrial, a teoria situacional avalia a posição específica da empresa e seu entorno e orienta qual solução é a mais conveniente para a empresa. O modelo situacional tem um forte componente intuitivo (RIIS *et al.*, 1997).

No modelo situacional de RIIS *et al.* (1997) se identificam doze tarefas principais para a função manutenção, as quais estão agrupadas em três categorias primárias: técnicas, humanas e econômicas (Fig. 2.10).

A categoria técnica das tarefas de manutenção compreende a identificação dos serviços de manutenção, as qualidades desses serviços, os métodos de trabalho, os recursos, materiais e controle das atividades de manutenção. A categoria humana das tarefas de manutenção compreende as relações internas entre a organização para a manutenção e os outros departamentos da empresa incluindo o staff corporativo, relação com a autoridade reguladora e fornecedores, como também com o tipo de organização para a gestão da manutenção. A categoria econômica da função manutenção compreende a estrutura da manutenção, o controle financeiro e a contribuição econômica ao produto.

Cada elemento identificado no perfil das tarefas de manutenção deve ser analisado na perspectiva das funções administrativas mencionadas nos modelos de gestão do VANNESTE e VAN WASSENHOVE (1995), COETZEE (1999), HASSANAIN (2001), WAEYENBERGH e PINTELON (2002) e no do ZHU *et al.* (2002), que são: planejamento, organização, análise, execução e controle.

Como se mostra na Fig. 2.10, para cada ponto de intercessão entre as tarefas e as funções administrativas, se analisará e se avaliará o grau de desenvolvimento dos procedimentos administrativos, para as funções, conforme com os objetivos fixados para a manutenção, de acordo com quatro conceitos: totalmente definido ou especificado, definido ou especificado em alta percentagem, definido ou especificado com deficiências e sem definição ou especificação.

Tal análise conduz ao desenvolvimento de um perfil da condução da função manutenção, o qual ilustra claramente ao administrador para onde seus esforços foram dirigidos em relação às tarefas de manutenção dentro da organização. Além disso, este perfil pode também sugerir as mudanças necessárias para conseguir alcançar os objetivos que são impostos à organização da manutenção.

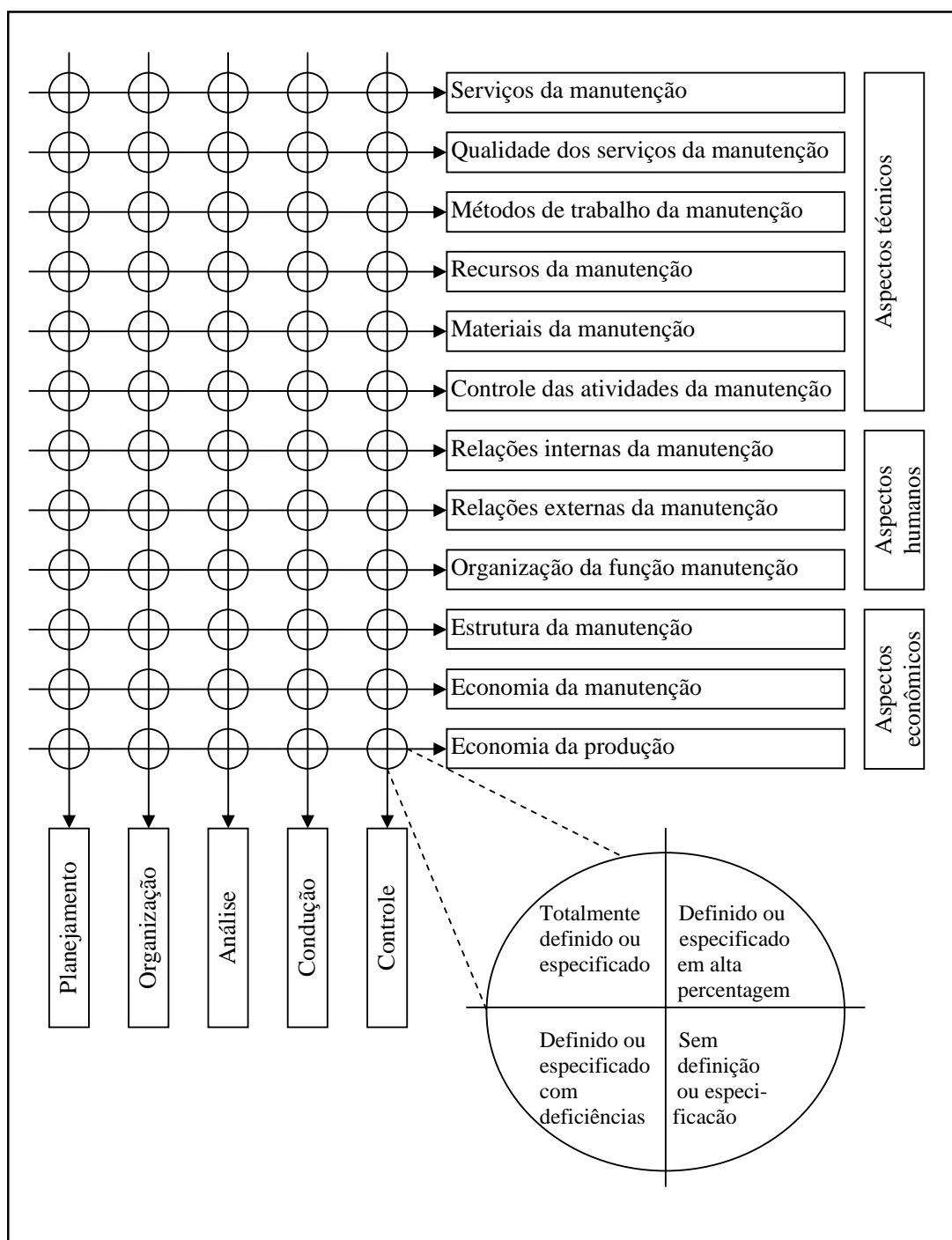


Fig. 2.10 Modelo para a análise da função manutenção, baseado em quadrantes (adaptado de RIIS *et al.*, 1997)

No uso deste modelo para detectar pontos fracos dentro da gestão de manutenção e analisar a conveniência de introduzir uma nova forma para administrar os recursos, deve estar presente o aspecto formal e informal da organização. No aspecto formal está toda a estrutura administrativa, os procedimentos, o sistema de informação e a tecnologia

necessária para implementar uma gestão. No aspecto informal está o desempenho individual dos integrantes da organização, a influência da cultura da empresa, as motivações e atitudes, ou seja, os dois aspectos são complementares, e cada um deles analisa uma área específica dentro da organização da manutenção.

2.6.3 Diagrama de causalidade para avaliação técnica e definição de estratégias

A aplicação das estratégias deve ter um objetivo e neste caso é a otimização do sistema de manufatura na sua totalidade, incluindo a função manutenção para responder assim aos requisitos que a empresa transmite para a parte produtiva (operações e manutenção). A análise de causalidade é usada nesta metodologia para identificar as variáveis que desempenham um papel importante no melhoramento do processo produtivo e que têm relação direta com a atividade de manutenção. Serve, além disso, como um meio para internalizar os objetivos da empresa, que em geral são expressos em uma linguagem distinta daquela usada no ambiente da função manutenção.

Para este efeito é necessário fazer uma modelagem do sistema e estudar seu comportamento, ou seja, como inter-atuam as diferentes estratégias ou ações entre os diferentes fatores do sistema produtivo e como devem ser definidos para direcionar o comportamento dos efeitos que se desejam otimizar.

O método está baseado na premissa de que o sistema é composto de duas estruturas básicas: estrutura do processo físico e estrutura da informação. Além disto, há fluxos de recursos e fluxos de informação, respectivamente. Para criar a estrutura do sistema é necessário reconhecer qual é o processo fundamental do sistema que converte os recursos entre os distintos estados. A palavra recurso, refere-se a materiais, pessoas, dinheiro, requisitos, produtos, conhecimentos, etc. O estado de um processo pode ser definido como a acumulação do recurso que é relevante para à análise ou para o propósito do modelo (WOLSTENHOLME, 1990) e é realizada a partir dos estados, variações e influência de cada tipo de recurso (JAMBEKAR, 2000).

Esta forma de representação tem a particularidade que pode descrever o comportamento interativo dos estados (representado pelos retângulos) por meio da polaridade da variação da influência de cada taxa (ver Fig. 2.11). Por conseqüência a análise para determinar onde introduzir melhorias no sistema se vê altamente simplificado pelo uso deste método.

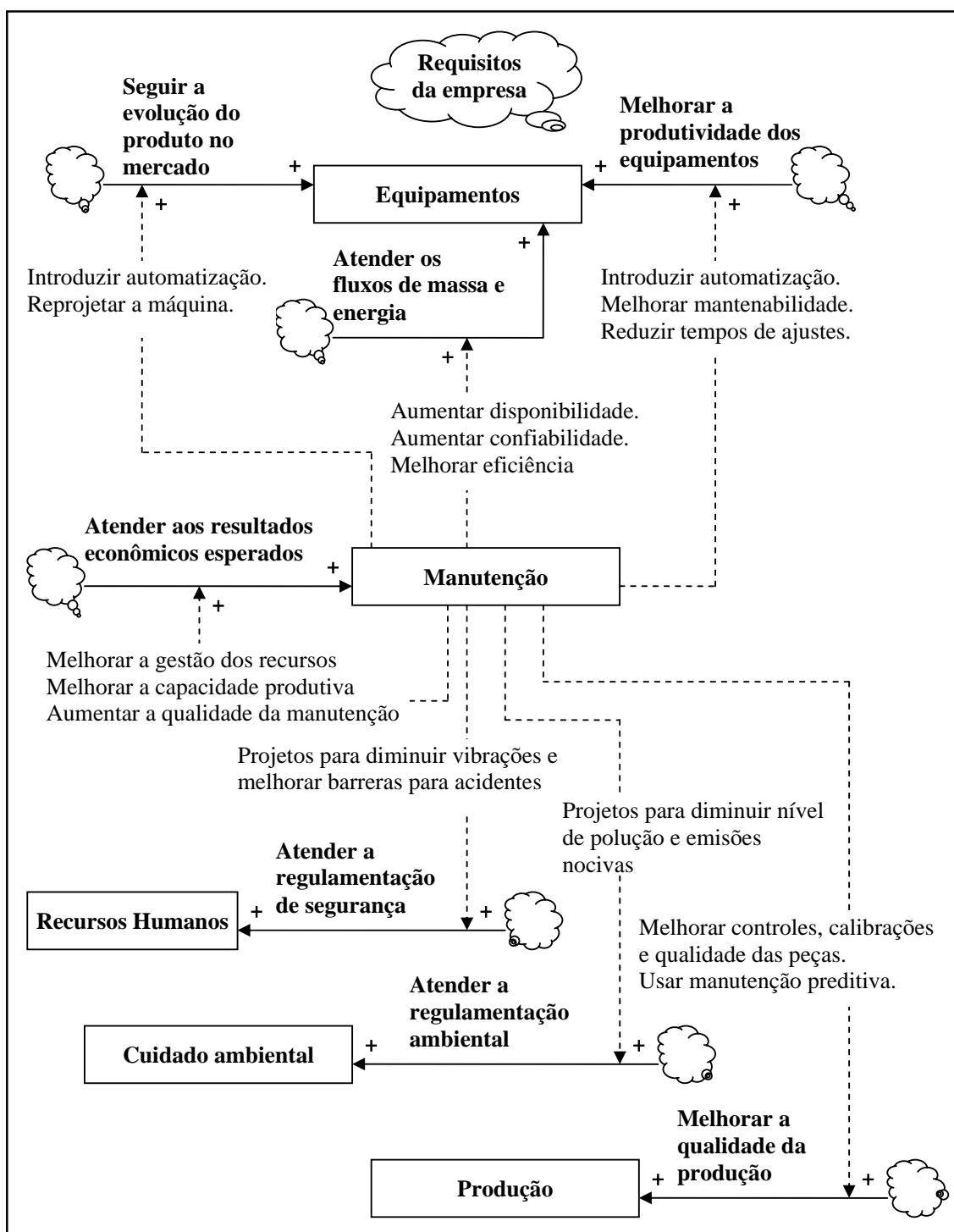


Fig. 2.11 Esquema de estratégias e relações (adaptado de ESPINOSA e SALINAS 2000)

Na elaboração do modelo, considera-se que os requisitos a atender é uma variável exógena, sobre a qual não há poder de decisão por parte do administrador da manutenção, e que as demais variáveis podem ser otimizadas mediante decisões e ações dos administradores do sistema. Portanto, a análise se concentra em determinar as relações das

variáveis e o estado delas quando são submetidas a mudanças (ESPINOSA e SALINAS, 2000).

A análise para formalizar o modelo do comportamento do sistema, realiza-se em duas etapas: análise quantitativa e análise qualitativa. Na primeira etapa projeta-se o mapa do sistema com o propósito de identificar as relações entre os componentes ou estados e usá-las para explorar e analisar o sistema. Os componentes se identificam, a um nível altamente agregado, na primeira iteração com o fim de identificar os principais fluxos de massa e informação entre eles, e depois, se for necessário se faz uma desagregação de cada componente para determinar qual é a parte mais afetada pelo fluxo.

No diagrama da Fig. 2.11, pode-se ver a interação entre os estados e o conjunto de estratégias para um sistema industrial. O sinal “+” no diagrama significa que a ação definida provoca um aumento ou dá um efeito positivo sobre o componente o qual provoca que a variação do estado ou do elemento de produção tenha um aumento na sua eficiência e possa atender melhor os requisitos da empresa.

A segunda etapa tem por objetivo definir quais são as correspondentes ações, ferramentas, informações, estratégias, políticas ou medidas a serem implementadas para minimizar os efeitos negativos dos fluxos, ou maximizar os efeitos positivos, entre os componentes e assim obter os resultados desejados do sistema.

Estas estratégias têm relação direta, neste caso, com ações que a manutenção pode implementar. Para medir a efetividade da estratégia, junto com sua definição, deve também ser definido o fator de correlação que servirá para monitorar a efetividade da estratégia.

2.7 COMENTÁRIOS

A concepção da manutenção fornece os delineamentos sob os quais o administrador da função definirá as ações de manutenção que conforme SIMEU-ABAZI *et al.* (2001) podem ser corretiva (direta, posposta, global), preventiva (regular, condicional, sistemática, cíclica, indicativa, crítica, limite) ou mista (cíclica ou indicativa, funcional, celular), para cada um dos bens da organização, sua periodicidade e tecnologia necessária. Toda esta informação é a base para definir o processo de gestão da manutenção, como será a implementação da concepção, os recursos humanos e financeiros, e o nível de compromisso requerido de cada ator na organização da manutenção o que ressalta a importância de selecionar a melhor concepção para as características individuais de cada empresa.

Para selecionar a concepção mais adequada e obter da sua aplicação o maior potencial se deve considerar todos os aspectos relacionados com os fatores técnicos de cada equipamento, os fluxos de informação e os recursos que descrevem as inter-relações dos diferentes sistemas da organização que têm relação com a manutenção. Somam-se também os aspectos relacionados à estrutura organizacional da empresa e seus planos estratégicos de desenvolvimento.

Definir a melhor concepção da manutenção não é um problema trivial, já que as variáveis a serem consideradas variam de acordo com as empresas, os tempos, analistas e visões gerenciais. Não é possível aplicar um sistema padrão e decidir: este é o melhor, já que uma modelagem que busque um ótimo (no sentido que indica a pesquisa operacional) é excessivamente complexa. Nenhum pesquisador fornece essa solução e no máximo indica que podem ser usados modelos quantitativos para conseguir a melhor solução de alguma variável do problema que esteja bem caracterizada.

Todos os modelos apresentados por diferentes grupos de pesquisadores na área da gestão da manutenção só apresentam uma seqüência de atividades, com as suas respectivas descrições e resultados esperados de cada uma delas. Mas a grande maioria não revela qual ferramenta é utilizada para fazer a avaliação de cada etapa na análise e só indicam ferramentas que já são utilizadas para fazer análise técnica como FMEA, análise de criticidade e outras. BAMBER *et al.* (2004) mencionam que a análise da maturidade pode ser feita de forma similar à análise da maturidade para uma organização que realiza um projeto. Este ponto é de alta importância para definir em que nível está a organização da manutenção e que merece ser desenvolvido com mais profundidade.

É objetivo de este trabalho fornecer ferramentas que orientem o líder do projeto na escolha da concepção para a manutenção, mas, com um conhecimento bastante preciso da situação atual da manutenção e a projeção no futuro com mais probabilidade de sucesso. Tem que ter presente que as experiências documentadas na literatura técnica foram implementadas em empresas com uma realidade bastante distinta da brasileira. São condições, culturas, conhecimentos, tecnologias e mercados com outra dimensão (piores ou melhores, não cabe analisar agora), mas se existe esta certeza de que são distintas e não cabe a alternativa de imitar outras experiências de forma cega.

As distintas concepções incluídas na metodologia têm como finalidade fornecer ao analista da manutenção uma visão completa das características, objetivos, potencialidades e dos requisitos para a implementação de cada uma delas, a fim de que a seleção da concepção seja informada. Para o analista estas concepções estão amplamente

documentadas, e a sua decisão será orientada a definir quais delas, conforme a uma avaliação das suas capacidades de implementação, são as mais adequadas para solucionar o problema da gestão da manutenção.

Cada uma das etapas na aplicação da metodologia fornece uma avaliação da situação atual da função manutenção, no referente ao aspecto humano, de gestão e dos ativos da empresa. É nestes pontos de avaliação onde os modelos de análise para a tomada de decisão sobre investimentos em equipamentos, definir ações de melhoramento na maturidade da organização e avaliação das estratégias implementadas para atender os requisitos da empresa vêm em apoio para decidir sobre a conveniência de introduzir melhorias naqueles aspectos que estão deficientes, conforme a visão do encarregado da manutenção da organização.

Nos capítulos seguintes apresenta-se o modelo de uma proposta estruturada com passos seqüenciais, mas com a visão de conjunto, para guiar o analista no processo de seleção de uma concepção de manutenção para a sua gestão, quando a empresa decide fazer este estudo. Esta proposta considera, para a avaliação da capacidade de implementar uma nova concepção, os aspectos seguintes: características do parque de equipamentos, maturidade da organização, condições para atender aos requisitos de cada alternativa de concepção e avaliação econômica para as alternativas selecionadas.

O produto final que a metodologia proposta oferece para o analista ou administrador da manutenção é um conjunto de informações que apóiam sua tomada de decisões. Este conjunto faz referência a múltiplos aspectos que são relevantes para a gestão da manutenção e que abrangem aspectos desde a maturidade da organização até uma avaliação econômica para as alternativas selecionadas.

O desenvolvimento principal deste trabalho será centrado em definir uma ferramenta de análise para preencher o espaço que ainda falta na definição de uma concepção de manutenção. É uma metodologia construída principalmente de listas de verificação e cujas respostas possam ser categorizadas e valoradas para que guiem o analista para a seleção da melhor concepção para a sua empresa. Este procedimento deve fornecer pontos de avaliação os quais formarão as bases para a tomada de decisão sobre as futuras ações para implementar uma das alternativas possíveis de concepção da manutenção.

Para que a manutenção seja um aporte realmente efetivo na organização produtiva, deve usar os meios, ferramentas, tecnologias e recursos humanos altamente qualificados

como nos outros setores da empresa. Uma gestão, com visão de futuro, ajuda para que a função manutenção forneça todo seu potencial e este seja eficientemente usado.

CAPÍTULO 3

MODELAGEM DO PROCESSO DE SELEÇÃO DA CONCEPÇÃO DE MANUTENÇÃO

Neste capítulo, apresenta-se uma proposta do modelo para seleção e aplicação de concepções de manutenção em ambientes industriais, considerando seus aspectos comportamentais, relacionais e informacionais. Este modelo é desenvolvido em duas etapas uma das quais será implementada na forma computacional. Mostra-se, ademais, como deveria ser o processo de aplicação desta metodologia quanto à manipulação da informação que é obtida no processo de análise.

3.1 INTRODUÇÃO

A modelagem de um processo visa obter informação para: estudar o melhoramento do desempenho de um sistema, entender o comportamento do mesmo, adotar e manipular uma linguagem em comum e constatar dualidades na interpretação. AL-AHMARI *et al.* (1999) indicam que os analistas e projetistas necessitam elaborar modelos para descrever as operações industriais, tomar as decisões relevantes e definir os fluxos de informação, mas o modelo deve ser simples e capaz de suportar diferentes níveis de abstração. No mesmo sentido HANGOS *et al.* (1997) agregam as condições de projeto, controle e otimização.

Há benefícios significativos ao trabalhar com modelos, principalmente, quando se quer responder uma ampla quantidade de perguntas e ser estendido por toda empresa. Um modelo é composto de uma fase qualitativa e outra quantitativa. A modelagem qualitativa é a fase que provê os meios para efetuar um mapeamento do sistema, incluindo os participantes do processo, de forma que possa facilitar seu entendimento e fundamentar-se para propor mudanças. A modelagem quantitativa ou modelagem industrial dinâmica focaliza-se em resolver problemas de comportamento de um sistema composto de máquinas, pessoal e organização da empresa e é usada no planejamento, na implementação e no controle (TOWILL, 1996; CORBEN *et al.* 1995). Além disto, um bom modelo deve ter a capacidade de ser explanatório e de prever saídas de eficiência, garantindo que com a modelagem se tenha um ganho positivo (BURGESS, 1998; ZHENG *et al.* 1991).

Como características gerais para uma modelagem, ZAKARIAN *et al.* (2001) propõem os seguintes aspectos: deve ser suficientemente flexível para trabalhar um amplo conjunto de aplicações, ser fácil de entender, prover guias para a análise de tal forma que a equipe de estudo possa questionar todos os aspectos do processo e atividades requeridas para serem implementadas. Finalmente, deveria prover um mecanismo para identificar e avaliar o impacto do processo das mudanças incorporadas. Neste último aspecto, CURRY (1996) acrescenta que a interpretação dos resultados do processo de experimentação ou simulação ainda é subjetiva, já que a modelagem é uma representação da percepção que o administrador tem da sua organização e de seu meio ambiente. Aqui tem uma grande relevância a experiência do administrador e de sua equipe de trabalho.

3.2 MODELAGEM DO PROCESSO DE ANÁLISE DA SELEÇÃO DA CONCEPÇÃO DE MANUTENÇÃO

O modelo proposto para realizar a análise visando definir a melhor alternativa no processo de seleção de uma concepção de manutenção, está formado de duas partes: a primeira parte, denominada modelagem de tipo conceitual, tem a finalidade de localizar, no contexto da empresa, o conjunto de equipamentos para os quais se definirá uma nova concepção de manutenção. A segunda parte é uma modelagem de avaliação com a qual se analisa o estado atual da função manutenção e as condições para implementar as mudanças com base nos requisitos que demanda cada concepção e no nível de cada variável de decisão que contribui para seleção de uma concepção.

3.2.1 Modelo conceitual

O objetivo principal deste modelo é mostrar a relação, principalmente em nível informacional, entre a totalidade das linhas de produção da empresa, os equipamentos que serão objetos de estudo e as características individuais de cada equipamento. O fator comum que os une é o objetivo que a função manutenção deve atingir, que por sua vez, está condicionado pelo objetivo dos negócios da empresa. Na Fig. 3.1, apresenta-se graficamente os fatores que são importantes para o desenvolvimento da metodologia que conduzirá à seleção da concepção mais adequada com a realidade da empresa.

O nível 1 (nível superior da pirâmide) na Fig. 3.1 representa todo o conjunto de linhas de produção ou grupos de equipamentos que são atendidos pela função de manutenção. Para este conjunto de equipamentos deve existir um critério que permitirá classificá-los como críticos ou motivo de análise e para os quais, será aplicada a metodologia para mudar a concepção de manutenção.

No segundo nível (nível 2: linhas de produção selecionadas) se encontram as linhas ou equipamentos do sistema de produção da empresa. Sobre estes equipamentos se faz a coleta de toda a informação necessária para avaliar o processo de inovação da concepção de manutenção. A informação se refere disponibilidade de dados, pessoal capacitado, sistema atual de manutenção, orçamentos e compromissos com a mudança.

Este estudo se constitui na fase mais importante do processo e deverá ser feito com o maior rigor, já que compromete tempo, dinheiro e esforço e se ao longo do tempo a aplicação não tiver sucesso, a credibilidade nas mudanças será perdida. Na Fig. 3.2 mostra-se o detalhamento do estudo para este nível.

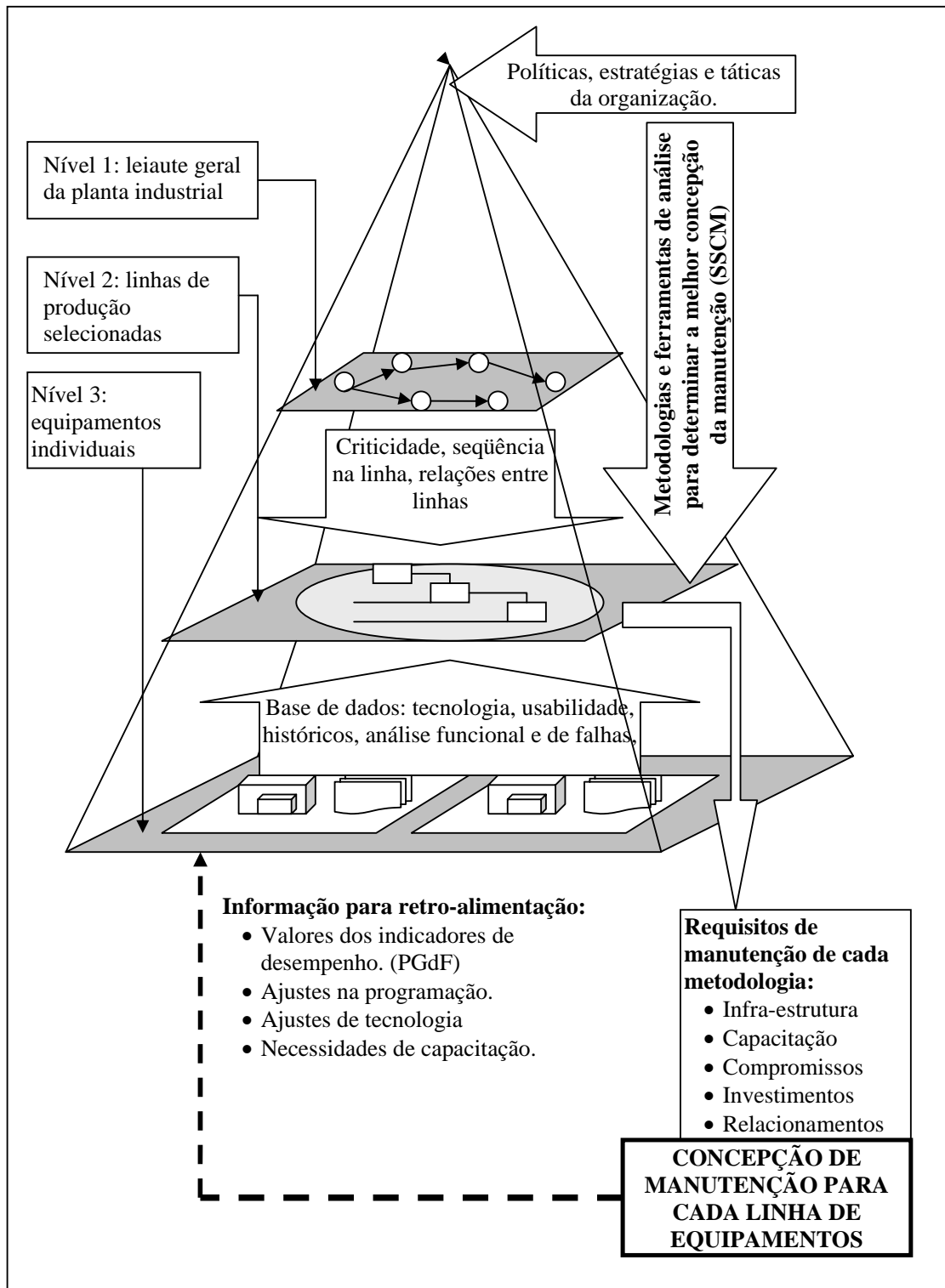


Fig. 3.1 Modelo conceitual para definir o processo de inovação da concepção da manutenção

O último nível (nível 3: equipamentos individuais) representa todos os equipamentos individuais com as suas respectivas informações técnicas e de uso, as quais serão as entradas para o estudo dos equipamentos do nível 2. Todos estes dados serão muito importantes no momento de definir o plano de manutenção, em especial se a decisão é implementar MCC, já que para definir ações de manutenção para esses equipamentos é preciso a experiência dos operadores.

Para apoiar a aplicação da metodologia proposta, a parte da análise das capacidades da organização da manutenção contará com a ferramenta computacional, implementada em planilha Excel™, SSCM (Sistemática de Seleção de Concepção de Manutenção) Para obter o conhecimento dos antecedentes relativo ao desempenho da concepção, existente, foi desenvolvido um programa computacional, implementado no Visual Basic 6.0™, PGdF (Programa para a Garantia de Funcionamento). Este programa também servirá de referência para acompanhar os indicadores da gestão de manutenção implementada. Mais detalhes sobre estes programas serão mostrados no capítulo 4 “Implementação computacional da metodologia e análise dos resultados”, e capítulo 5 “Modelo de monitoramento e controle da aplicação da concepção de manutenção”.

3.2.2 Modelo de avaliação da implementação das concepções

Um processo de diagnóstico é demandado para avaliar, de forma completa, os vários aspectos que estão relacionados com a função manutenção e identificar os mais importantes que devem ser positivados no sentido de direcionar corretamente o processo para inovação da gestão da manutenção. Há que ter presente que na cadeia de requisitos, aquele que for considerado deficiente tende a marcar o ritmo do processo de gestão. Em outras palavras, é mais produtivo eliminar as fraquezas detectadas no processo de avaliação do sistema antes de seguir para o próximo passo na implementação da concepção, do que reconsiderar quando o processo já estiver encaminhado para resolver estes problemas que ficaram pendentes.

O processo descrito na Fig. 3.2 começa com a definição da missão da função manutenção, conforme as estratégias da empresa e as táticas definidas para alcançar seus objetivos de negócios. Esta será a primeira informação que deve ter a função manutenção para dimensionar a sua meta, a qual deve ser totalmente compatível com a empresa (RIIS *et al.*, 1997).

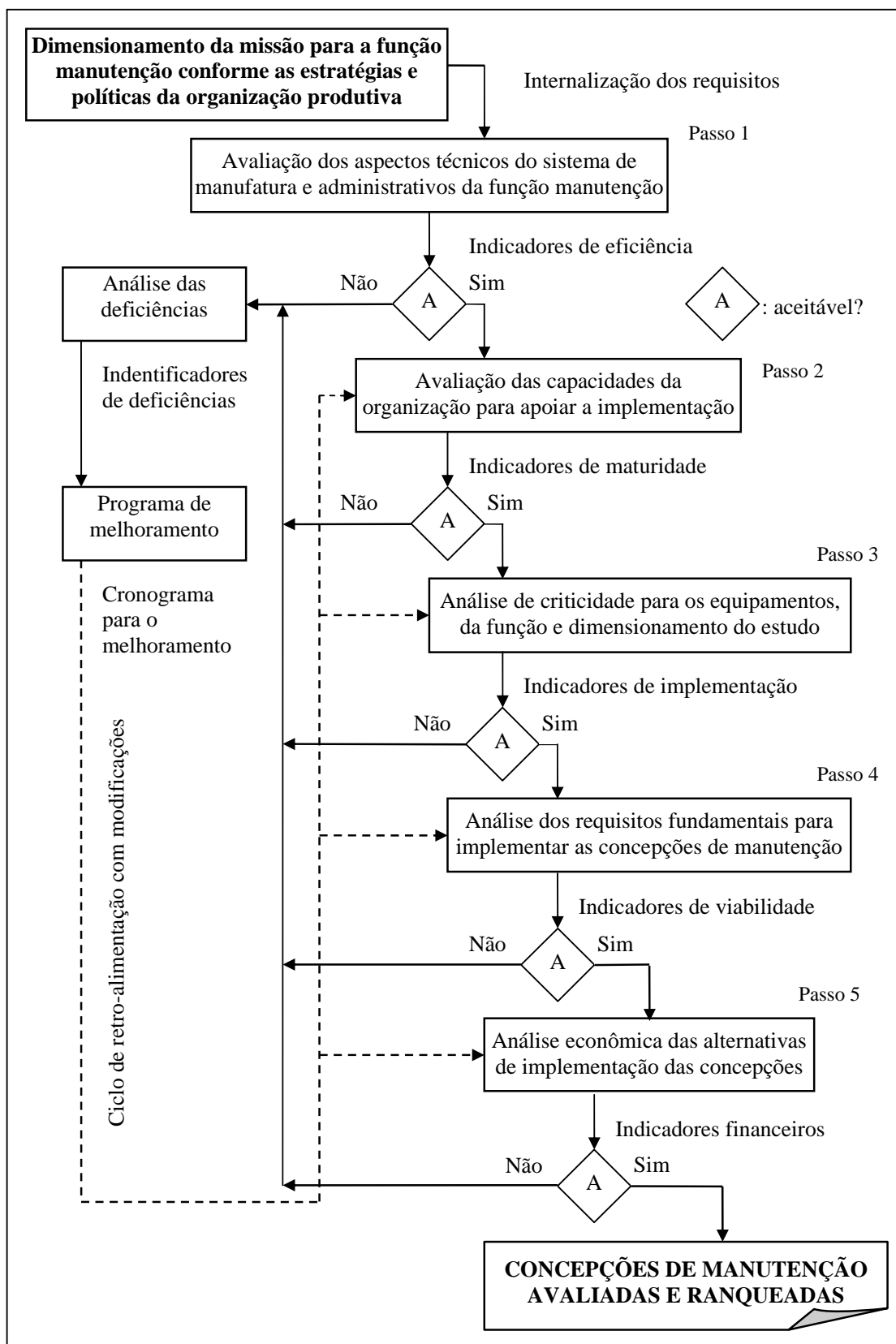


Fig. 3.2 Modelo para avaliação e seleção das concepções de gestão de manutenção

Esta análise servirá para que a função manutenção possa internalizar os objetivos da empresa e expressá-los na forma de conceitos que sejam compreensíveis por toda a equipe de manutenção. Em outras palavras, as metas que a alta direção fornece para a função manutenção devem ser transformadas numa linguagem que seja entendida por todos na área de manutenção. Desta maneira já se terá uma visão clara sobre os requisitos que a manutenção deve atender.

Na segunda análise se avalia a condição técnica do equipamento, seu ciclo de vida em relação ao ciclo de vida planejado para o produto, sua condição de viabilidade para modernização e todos os aspectos concernentes às capacidades tecnológicas da empresa.

Além disso, deve-se avaliar a capacidade atual de gestão da função manutenção, ou seja, qual é o desempenho desta função para planejar, programar, administrar, controlar as tarefas de manutenção e corrigir desvios na gestão. A saída desta análise é uma avaliação sobre a eficácia técnica dos equipamentos produtivos e da eficácia do sistema administrativo relacionado com a manutenção para atingir os requisitos do negócio.

No passo seguinte, avalia-se a maturidade da organização para enfrentar novos projetos de inovação na área de manutenção. A maturidade se relaciona com o compromisso das pessoas envolvidas com a inovação da manutenção, principalmente em níveis administrativos superiores da empresa. Também têm relevância os aspectos como a cultura e capacidade da organização para enfrentar a mudança, conhecimento e uso de métodos e ferramentas para a gestão, comunicação e transmissão de informações importantes para o interior e exterior da organização e gerenciamento de conflitos resultantes do processo de mudança (CLARKE *et al.* 1997). O nível de maturidade fornece indicações muito precisas sobre futuras ações que devem ser empreendidas, em especial para formar um espírito de equipe.

Para optar pela concepção de manutenção mais conveniente para a organização, identifica-se e avaliam-se os requisitos apropriados para cumprir a missão da empresa: uma equipe de manutenção comprometida, apoio da alta gerência, nível tecnológico adequado para atender as exigências do mercado, maturidade e cultura para realizar as mudanças.

Cada concepção incluída no estudo tem características e requisitos próprios, os quais devem ser atendidos para sua implementação. No passo seguinte da análise estes requisitos são comparados com um conjunto de elementos necessários, presentes na organização e se mede o grau de atendimento dos requisitos. O grau de atendimento é feito em relação: a disponibilidade de informação do equipamento, conhecimentos das

funcionalidades, nível de preparação técnica dos colaboradores, sistema de administração dos recursos, etc.

Além disso, neste ponto da avaliação, mediante uma análise da criticidade dos equipamentos, deve-se decidir sobre a quantidade destes que, inicialmente será incluída na implementação da nova concepção. É recomendável dimensionar a quantidade de equipamentos conforme os recursos disponíveis e a experiência do grupo de colaboradores. É preferível selecionar um número pequeno de itens, obter experiência e mostrar resultados efetivos. Esta definição também tem influência sobre a análise econômica que é uma etapa posterior.

O estudo que sempre deverá estar presente, para formalizar uma decisão sobre a concepção mais conveniente para a organização, é a avaliação econômica. Cada estrutura de ação de manutenção que se propõe, tem um custo inicial para a implementação e um custo anual de operação. Nos benefícios resultantes, tem-se a diminuição de custos operacionais e, principalmente a redução de perdas de produção. Neste caso, o indicador será do tipo financeiro e deverá estar em concordância com os níveis exigidos pela empresa para projetos de investimento. A concepção que obtiver o valor do benefício esperado mais alto deverá ser selecionada como a concepção da manutenção para o grupo de equipamentos selecionado, caso não existam condições de política restritivas.

Em cada etapa da aplicação do modelo de avaliação, gera-se um conjunto importante de informações sobre os pontos fortes e fracos da gestão atual e aspectos que podem ser potencializados na organização da manutenção. Estas informações devem ser tratadas como uma fonte de dados para uma análise da deficiência, para buscar alternativas de melhorias e para definir um plano de implementação de ações orientadas a otimizar a eficiência da função manutenção. Esta metodologia fornece informação para ter um laço de retro alimentação para definir planos de melhoramentos, eliminar os fatores negativos e voltar à implementação da concepção com uma base mais robusta para a gestão, o que dará à função manutenção as ferramentas para atingir seus objetivos.

O processo que se propõe implantar deve ser feito em concordância com a equipe de manutenção, que abrange desde o administrador ou principal responsável da gestão até o especialista mantenedor para cada área de conhecimento presente na organização da manutenção. Deve-se incluir também pessoal da produção, porque o objetivo é atingir a maturidade global do sistema industrial.

Um fato importante que deve ser ressaltado é que a metodologia proposta, durante sua aplicação, não implementa ações, mas fornece para o administrador e sua equipe de

estudos, diagnósticos, perfis, diagramas ou textos explanatórios sobre os aspectos avaliados. Com os resultados obtidos da aplicação da sistemática a equipe de manutenção, baseado na sua experiência e conhecimento dos colaboradores, recursos, logística, políticas, etc., decide sobre a passagem para a próxima etapa da avaliação.

3.3 DEFINIÇÃO DOS ANTECEDENTES DE CADA PASSO DA METODOLOGIA

Uma das ferramentas mais efetivas, pela simplicidade de implementação e por sua facilidade para analisar os dados, é a **lista de verificação** a qual é usada nas mais distintas aplicações, como segue: no plano de controle em um processo de aplicação da FMEA (TENG e HO, 1996), na codificação do conhecimento tácito (JOHANNSEN, 2000) e no monitoramento do desempenho da segurança em uma planta petroquímica (DUFFUAA e DAYA, 2004). Esta ferramenta é importante na implementação computacional da metodologia. Há, contudo, alguns inconvenientes na aplicação da lista, como: a omissão de perguntas chaves que obrigue a aplicação de um novo questionário para complementar as informações, ou, por outro lado, dispor-se de um questionário tão extenso que ao final é rejeitado pelas pessoas que devem colaborar por disporem de tempo limitado devido às atividades próprias na empresa.

Em geral, as interfaces do modelo com o usuário serão formadas por conjuntos de perguntas, às quais devem ser respondidas baseadas em níveis de atendimento. Para seleção das perguntas de cada tópico incluído na metodologia geral (Fig. 3.2) será usada a **metodologia da decisão múltiplos-critérios** já que esta metodologia permite mediante a construção de mapas cognitivos, auxiliar no conhecimento do problema e na definição (ENSSLIN *et al.* 2001; FENTON, 2001). Usando o processo de hierarquização, o problema será dividido em conceitos e áreas prioritárias e estas últimas podem ser avaliadas no seu nível de atendimento mediante perguntas para o usuário.

Este conjunto de perguntas uma vez avaliadas fornecerá uma “*fotografia*” do momento atual da organização e, ao ser comparado com uma situação “*ideal*,” se tem uma visão da posição atual da organização. Este processo identificará os itens que podem ser melhorados na gestão da manutenção e, assim, passo a passo se conseguirá fazer uma auto-avaliação.

3.3.1 Identificação e caracterização da empresa

O primeiro módulo da metodologia identifica os participantes no estudo, o facilitador e o líder do projeto de inovação. Caracteriza, além disso, o tipo de empresa mediante os seguintes antecedentes (Fig. 3.3):

- Tipo de empresa: classificada sob a denominação da FIESP (Federação de Indústrias do Estado de São Paulo) a qual inclui 35 tipos de empresas que vão da fabricação de produtos do fumo até atividades da construção.
- Tamanho da empresa (de acordo a FIESP): micro empresa: 0 a 9 colaboradores; pequena empresa: 10 a 99 colaboradores; média empresa: 100 a 499 colaboradores e grande empresa: 500 e mais colaboradores.
- Relação colaborador de produção por equipamento no setor analisado: relação maior que 1; relação igual a 1 e relação menor que 1.
- Idade dos equipamentos: maior que 15 anos; entre 5 e 15 e menor que 5 anos.
- Grau de automação dos equipamentos: operação manual (tecnologia simples); parcialmente automatizado e totalmente automatizado.
- Tipo de manutenção aplicada: corretiva na maioria (maior que 80%); corretiva e preventiva segundo um programa e corretiva, preventiva e sintomática.
- Definição do tipo de manutenção preventiva: a critério do responsável pela manutenção; por recomendações do fabricante e critério definido pela empresa.
- Caracterização relação produto/operação da empresa: fluxo contínuo; repetitivo em massa; repetitivo em lotes; lotes por projeto; produtos padronizados e produtos sob-medida / encomenda.

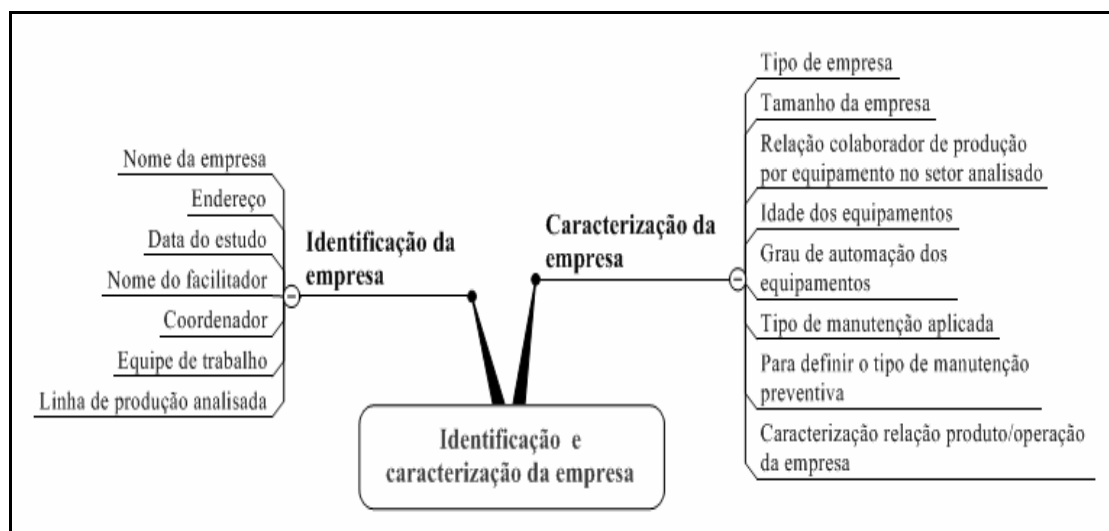


Fig. 3.3 Antecedentes para a identificação e caracterização da empresa

Os dados solicitados neste módulo servirão para guiar a posterior recomendação ou validação da concepção com maior viabilidade de ser implementada. Assim por exemplo, se a relação colaborador de produção por equipamento for menor que 1, significa que a linha de produção tem um componente muito forte de automação e para este caso uma concepção como TPM não é recomendável. Esta resposta deve estar corroborada quando se introduz o dado sobre o grau de automatização da linha.

Referente ao tipo de manutenção aplicada e o critério para defini-la, o objetivo da pergunta é encaminhado para determinar o tipo de experiência e conhecimentos acumulados. Se o tipo de manutenção aplicada é predominantemente corretivo, a chance de aplicar com êxito uma concepção mais sofisticada é muito baixa e a recomendação é primeiro começar com o desenvolvimento da manutenção preventiva, apoiada em recomendações do fabricante, formar uma base de dados, capacitar os colaboradores e em seguida passar para uma concepção mais evoluída.

O processo de produção pode ser caracterizado por: produção de fluxo contínuo, repetitivo em lotes, em massa e em lotes por projeto. PINJALA *et al.* (2005) estudaram de maneira empírica, o nexos entre o tipo de processo de produção e a estratégia de negócios e encontraram as seguintes relações: para processo de lotes por projeto ou repetitivo a flexibilidade é a característica mais relevante; a qualidade e a inovação no produto é o diferencial para todos os processos e, o custo e tempo de entrega é a prioridade para processos de fluxo contínuo.

Se ao anteriormente descrito se somar a característica do produto (padrão ou sob medida), tem-se um antecedente a mais para optar por uma concepção. Por exemplo, se o processo for de fluxo contínuo e o produto é padrão uma concepção como TPM ou MCC pode se adequar bem, mas se o produto é sob medida e o processo é em lotes por projeto, neste caso uma concepção como ILS ou Tero-tecnologia avançada pode ser adequada. Deve-se ter presente que nenhuma concepção de manutenção é exclusiva de uma ou outra classificação, só que se adaptam melhor ou pior a certas condições.

3.3.2 Nível de atendimento dos equipamentos produtivos, manutenção, produção e logística aos objetivos da empresa

Com as tendências atuais de produção *Just-in-Time* (JIT), ajustada (*Lean Production*) e produção flexível e ágil, é vital que a gestão da manutenção esteja integrada com as estratégias da empresa para assegurar disponibilidade do equipamento, a qualidade

do produto, a entrega a tempo, o preço competitivo e o respeito às normas de segurança (RIIS *et al.* 1996).

Neste módulo da metodologia (corresponde ao passo 1 na Fig. 3.2) explora-se a condição dos equipamentos para atender os objetivos da empresa, conjuntamente com os serviços relacionados com a disponibilidade e sustentabilidade total, a saber: manutenção, operação, abastecimento (logística) e capacidade administrativa. Outras orientações, como especificadas na Fig. 3.4, podem ainda ser consideradas.

Cada requisito incluído neste módulo é avaliado por um processo de multicritério, cuja graduação é definida, para cada ponto da análise, segundo a seguinte orientação:

- ✓ Evolução do produto no mercado
 - Atende a evolução tecnológica: se o equipamento está em condições de processar e integrar novas tecnologias no produto.
 - Atende a evolução estrutural: se o equipamento está em condições de processar e integrar novos materiais e arquiteturas no produto.
 - Atende a evolução operativa: se o equipamento está em condições de processar e integrar novas formas de operar ou manipular o produto.
- ✓ Resultados econômicos esperados
 - Contribui para a redução de custos: a função manutenção está em condições de reduzir seus custos melhorando a gestão dos recursos e se o equipamento permite um processo produtivo mais eficiente.
 - Contribui para o aumento do faturamento: se o equipamento pode aumentar a qualidade do produto elaborado e conseguir assim uma melhor margem de contribuição.
 - Contribui para o retorno do investimento: se realizar uma efetiva manutenção se consegue diminuir a perda de valor dos equipamentos no tempo.
 - Contribui para a relação custo/benefício: se a função manutenção contribui com o resultado global da empresa, mediante a diminuição de custos operacionais.
- ✓ Produtividade dos equipamentos
 - Aumento da produtividade: se existe a capacidade da função manutenção e dos equipamentos para aumentar a produtividade via maior automação ou re-projeto dos mesmos.

- Manter a produtividade: se existe a capacidade da função manutenção e dos equipamentos para manter os níveis atuais de produtividade evitando a deterioração acelerada.
- ✓ Qualidade da produção
 - Diminuição da taxa de rejeição: se existe a capacidade da função manutenção e dos equipamentos para introduzir melhoramentos tecnológicos que incrementem os níveis atuais de qualidade do produto.
 - Manter a taxa de rejeição: se existe a capacidade da função manutenção e dos equipamentos para manter os níveis atuais de qualidade do produto.
- ✓ Fluxos de massa e energia
 - Atende os tempos de entrega: a função manutenção e os equipamentos devem manter a disponibilidade de acordo com as exigências dos tempos de entrega dos produtos.
 - Atende os volumes de entrega: os equipamentos devem garantir a disponibilidade e a capacidade de produção conforme as exigências dos volumes de entrega dos produtos, a partir da função manutenção no sentido de garantir a taxa de produtividade.
 - Atende os consumos de energia: se a eficiência dos equipamentos é alta para não consumir energia extra em seu funcionamento.
- ✓ Regulamentação ambiental
 - Diminui os níveis de poluição: ou seja, diminuir todo material que ao final possa se traduzir em contaminação, como: vazamento de óleo lubrificante, produtos rejeitados, peças de reposição usadas e acumuladas, cavacos de processos de fabricação, etc.
 - Manter os níveis de poluição: evitar que a contaminação aumente, ou seja, manter os poluentes no nível atual como: vazamento de óleo lubrificante, produtos rejeitados, peças de reposição usadas e acumuladas, material em partículas dos processos operacionais, etc.
 - Diminui os níveis de vibrações: se existe um plano o capacidade de diminuição dos níveis de vibrações para dar ao trabalhador maior conforto e para proteger o ambiente de trabalho.
 - Manter os níveis de vibrações: evitar que os níveis de ruído aumentem e cheguem a ser nocivos para a saúde do operário e para o ambiente de trabalho.
- ✓ Requisitos de segurança

- Aumentar a segurança para o operador: se existe a possibilidade de implementar ações para evitar a ocorrência de acidentes aos colaboradores na operação dos equipamentos.
- Manter a segurança para o operador: implementar um plano de manutenção para ter em excelente estado de barreiras atuais e assim evitar a ocorrência de acidentes.
- Aumentar segurança do equipamento: se existe a capacidade para implementar um plano de ações de manutenção e projeto para incrementar o estado de auto-proteção das máquinas.
- Manter a segurança do equipamento: implementar um plano de manutenção para ter em excelente condições o estado atual de auto-proteção da maquinaria.

O conjunto de perguntas definido para avaliar o nível de atendimento dos requisitos se mostra na Fig. 3.4, e são qualificados conforme a visão da equipe que atende a função manutenção.

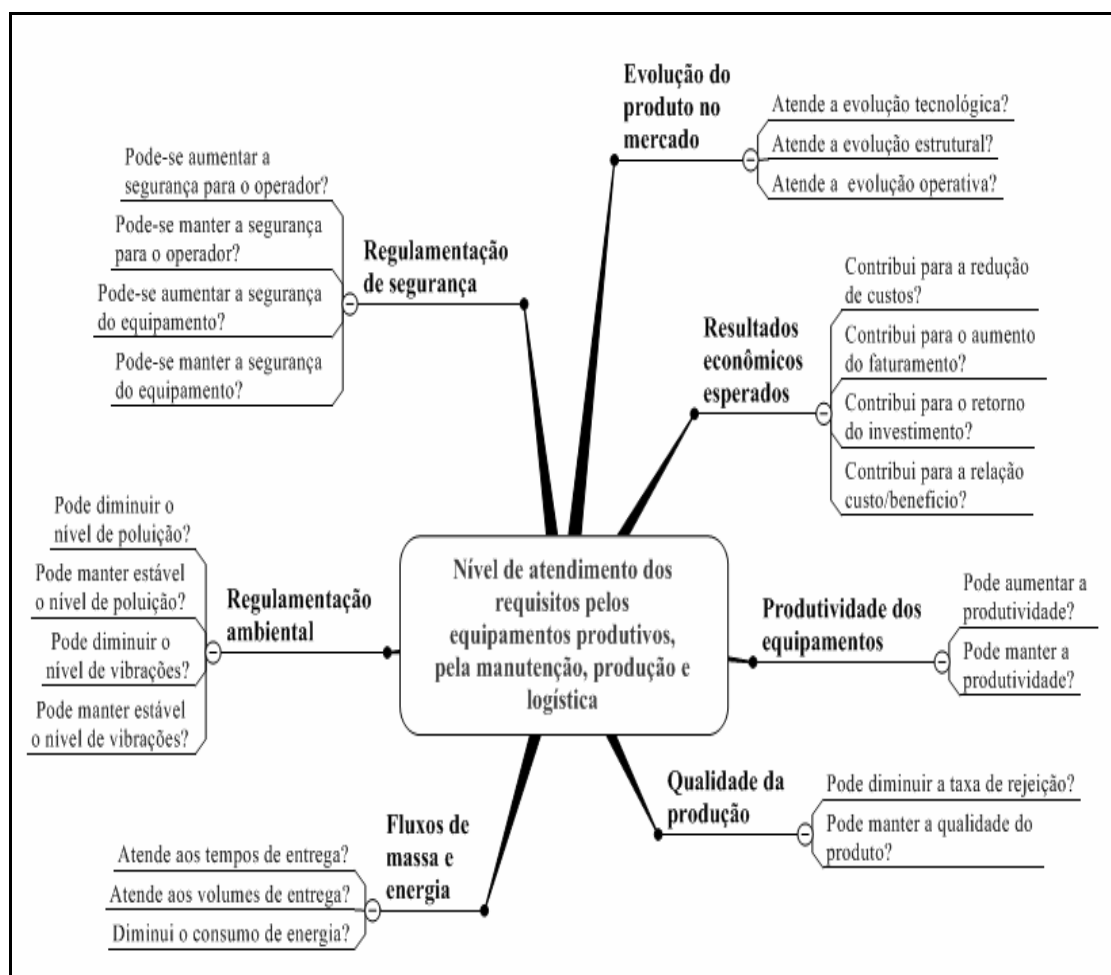


Fig. 3.4 Fatores do nível de atendimento do equipamento aos objetivos da empresa

A lista de condições da empresa a serem levantadas, anteriormente relacionada, é a mais simples que a gerência de uma empresa poderia submeter à função manutenção. Esta lista não é exaustiva mesmo sendo relativamente ampla podendo, no caso haver alguma condição particular de uma empresa, ser agregado ou substituído por outro que seja de real importância. O objetivo é ter uma visão bastante clara do nível de atendimento dos equipamentos, a esses requisitos, como também dos serviços que a empresa tem e que estão relacionados com o parque de máquinas.

3.3.3 Análise detalhada da situação atual da função manutenção

Esta parte da metodologia está orientada para avaliar a função manutenção com relação à gestão dos aspectos humanos, técnicos e econômicos (passo 1 na Fig. 3.2). A diferença do módulo anterior é que nesta análise a informação é cruzada com as funções típicas da gestão e não se concentra na parte técnica somente (Fig. 3.5). A situação é analisada sob o ponto de vista da capacidade administrativa do gestor da manutenção.

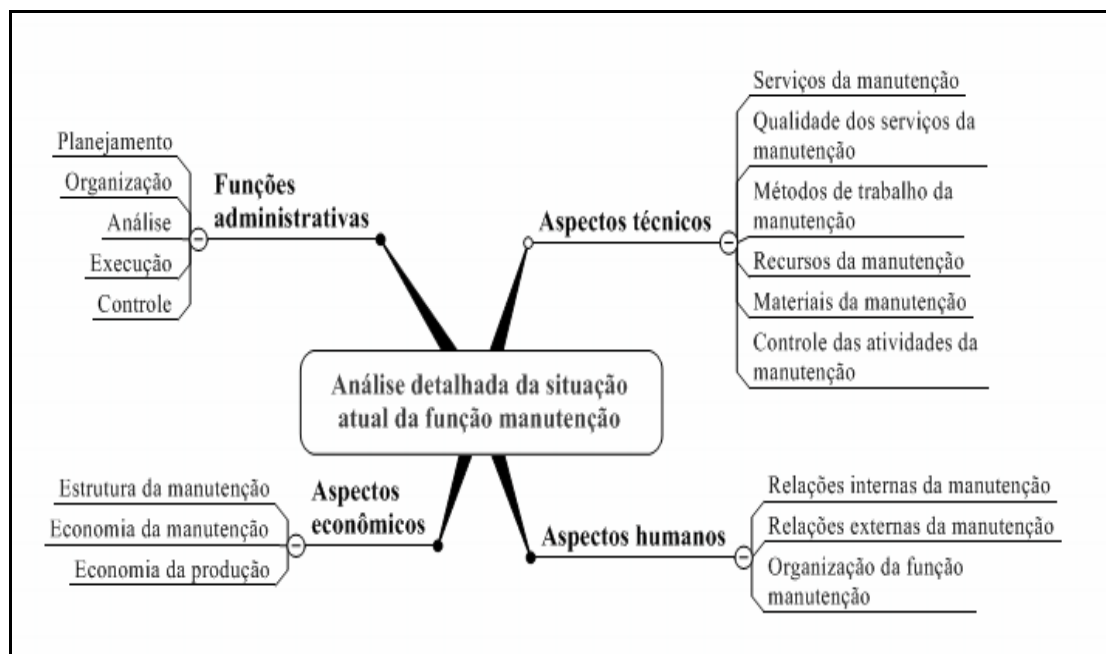


Fig. 3.5 Fatores para análise detalhada da situação atual da função manutenção

Completando esta auditoria da função manutenção, os resultados podem ser usados para analisar o sistema de manutenção atual que a organização tem em relação ao sistema de administração, métodos e procedimentos, à estrutura organizacional, ao sistema de informação e ao uso de tecnologia para a manutenção. Esta análise pode indicar setores ou

áreas no sistema atual que não estão equilibrados, ou que não estão corretamente direcionados para os objetivos que a função manutenção deve atender.

Cada aspecto contido nos itens do módulo da Fig. 3.5 se refere ao seguinte:

✓ Aspectos técnicos

- Serviços da manutenção: especificação dos diferentes tipos de serviços e produtos da função manutenção. Especificação em relação a cada área de atuação.
- Qualidade dos serviços de manutenção: especificação da qualidade dos trabalhos de manutenção. Qualidade dos relatórios, das certificações, das decisões sobre os padrões de manutenção, etc.
- Métodos de trabalho da manutenção: especificação dos métodos de trabalho, dos tempos padrões, relação entre os trabalhos de manutenção, etc.
- Recursos da manutenção: equipamentos para a manutenção, contratação de serviços de manutenção, informação sobre novos equipamentos, capacidade dos equipamentos, controle do uso, etc.
- Materiais da manutenção: planejamento dos inventários (sobressalentes, partes e equipamentos) armazenamento, relação com os vendedores, etc.
- Controle das atividades da manutenção: planejamento dos trabalhos de manutenção, progresso dos trabalhos, planejamento dos recursos humanos, etc.

✓ Aspectos humanos

- Relações internas da manutenção: relação com outros departamentos, com a gerência e coordenação especialmente com a produção.
- Relações externas da manutenção: relação com organizações externas e outras empresas similares. Relação com fornecedores, usuários, organizações de educação e de profissionais.
- Organização da função manutenção: estrutura da organização, seleção dos profissionais, relação entre grupos de especialidades, responsabilidade e autoridade.

✓ Aspectos econômicos

- Estrutura da manutenção: estrutura do trabalho de manutenção, responsabilidade por grupos de trabalho, estrutura da área, relação com o sistema de contabilidade, especificações básicas (documentação, planos, esquemas), etc.
- Economia da manutenção: controle orçamentário da função manutenção, planos de investimentos e financiamento.

- Economia da produção: indicador sobre a relação economia da produção e economia da manutenção, indicador de custo-benefício da manutenção.

✓ Funções administrativas

- Planejamento: seleção dos objetivos e metas e dos meios para cumprir esses objetivos.
- Organização: definir a estrutura de cargos necessários para o funcionamento, selecionar e capacitar pessoas que desempenharão esses cargos.
- Análise: uso da informação de retro-alimentação para detectar desvios e propor ações de correção.
- Execução: tomar ações para motivar o pessoal e fazer que realizem o trabalho conforme o planejado para atingir os objetivos.
- Controle: definição de estratégias, indicadores de desempenho e controle das ações de manutenção. Implementar as ações corretivas para chegar aos objetivos. Documentar as ações realizadas.

Como em todos os aspectos considerados nesta metodologia a interpretação dos resultados (a apreciação do nível de desenvolvimento) é uma instância muito particular do administrador ou do encarregado da manutenção. De certa forma, está ao alcance dele a percepção de capacidade de administração e do nível de resposta de seus recursos em relação aos objetivos fixados para a função manutenção. O importante é potencializar a oportunidade para fazer uma revisão profunda de todos os aspectos que forem importantes para a gestão.

3.3.4 Análise da maturidade da organização

Quando se aplica o conceito de maturidade em uma organização é para constatar o estado onde a organização está em relação aos atributos que estão sendo avaliados. A maturidade da função manutenção poderia indicar que a organização definida para a manutenção está perfeitamente condicionada para empreender todos seus projetos de inovação, sejam tecnológicos ou de gestão integral de seus recursos.

No mundo real não se encontra a maturidade completa de uma organização; ninguém alcançou o estado de máximo desenvolvimento e ninguém o fará (ANDERSEN e JESSEN, 2002). A razão é que o mundo dos negócios está sempre evoluindo, como também o fazem as pessoas que compõem a organização. Então tem sentido falar de graus de maturidade e fazer esforços para estar, em cada ciclo de avaliação, melhor que no anterior.

Na Fig. 3.6, se mostram os fatores considerados na metodologia para estruturar o conjunto de perguntas, que depois de serem valoradas pelos avaliadores, permitirão uma visão do estado da maturidade da organização para a manutenção e no seu entorno para cada um dos aspectos considerados (esta análise corresponde ao passo 2, na Fig. 3.2).

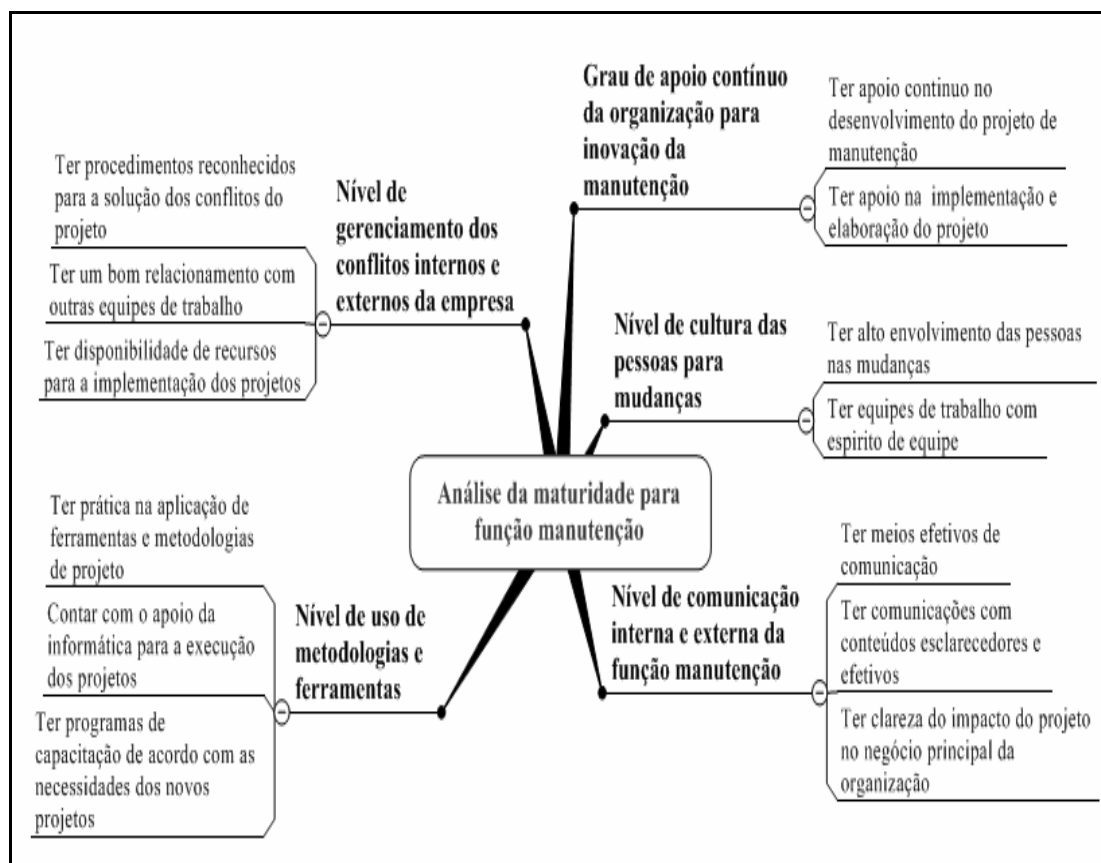


Fig. 3.6 Aspectos considerados para a avaliação da maturidade

A avaliação de cada resposta é dada a partir de uma escala de valores que vão desde muito alto até sem interesse ou negativo, incluindo a alternativa normal ou esperada. Esta escala inclui o conceito de ótimo ou máximo que seria a referência para a qual a organização deve se conduzir a fim de ter segurança que a implementação de um projeto vai ter êxito.

A medição da maturidade é mais subjetiva que objetiva e depende do julgamento do administrador de seu entorno. A maturidade é principalmente, a combinação do apoio ou comprometimento que o entorno oferece à função manutenção mais a capacidade ou conhecimento que se tem das metodologias relacionadas com implementação de projetos. Como há vontade da organização se envolver em projetos novos, há quantidade e

qualidade da informação e capacidade de solucionar conflitos, a apreciação ou avaliação do estado atual de maturidade por parte do administrador, pode não estar muito longe da realidade.

A escala de valores para avaliar o grau de maturidade é o seguinte (CLARKE e GARSIDE, 1997):

- Nível 4: um compromisso total e visível, uma cultura totalmente comprometida com as mudanças, uma excelente comunicação, as metodologias para projetos são sempre usadas e a administração dos conflitos é excelente.
- Nível 3: compromisso visível e frequentemente consistente, mas de baixo perfil, a cultura aceita as mudanças, boas comunicações, as metodologias são usadas frequentemente e a administração dos conflitos é boa.
- Nível 2: o compromisso é limitado e inconsistente, a cultura aceita com certa desconfiança as mudanças, as comunicações são limitadas, as metodologias às vezes são usadas e a gestão dos conflitos é limitada.
- Nível 1: o compromisso é pobre, a cultura que possui a organização torna muito difícil às mudanças, a comunicação é pobre, as metodologias raramente são usadas e a gestão dos conflitos é muito limitada.

Como todos os aspectos da maturidade não têm a mesma importância, o administrador deverá priorizar cada um destes antes de seguir com a aplicação da metodologia. Este ponto é incluído na metodologia para se considerar e refletir sobre o processo de priorização que cada empresa dá a cada aspecto da maturidade em cada projeto de inovação em particular.

3.3.5 Análise da criticidade dos equipamentos e da função manutenção

No momento em que se decide realizar o estudo sobre a viabilidade de adotar uma nova concepção para a manutenção, o administrador já definiu qual é a linha crítica de produção ou o conjunto de equipamentos que são de alta criticidade para sustentar o negócio da empresa. O objetivo deste módulo, no desenvolvimento da metodologia, é decidir se o processo de inovação se aplica a toda a linha ou somente a um grupo mais reduzido de equipamentos (passo 3 na Fig. 3.2)

É recomendável não abranger todo o conjunto de equipamentos, em especial se este conjunto for numeroso e de alta complexidade (CHAN *et al.*, 2004, COETZEE, 1999). É preferível se concentrar em adquirir experiência em equipamentos que são conhecidos e para os quais com a introdução de melhoramentos, sejam estes tecnológicos ou de gestão,

obtêm-se resultados apreciáveis. Isto motiva o grupo a expandir a aplicação dos conhecimentos adquiridos e comprovados.

Nesta análise também se define o número de equipamentos que entrarão na primeira etapa do estudo, o que influi diretamente na análise de custos para cada concepção. Na Fig. 3.7 se mostram os fatores principais que são considerados no módulo de análise da criticidade.

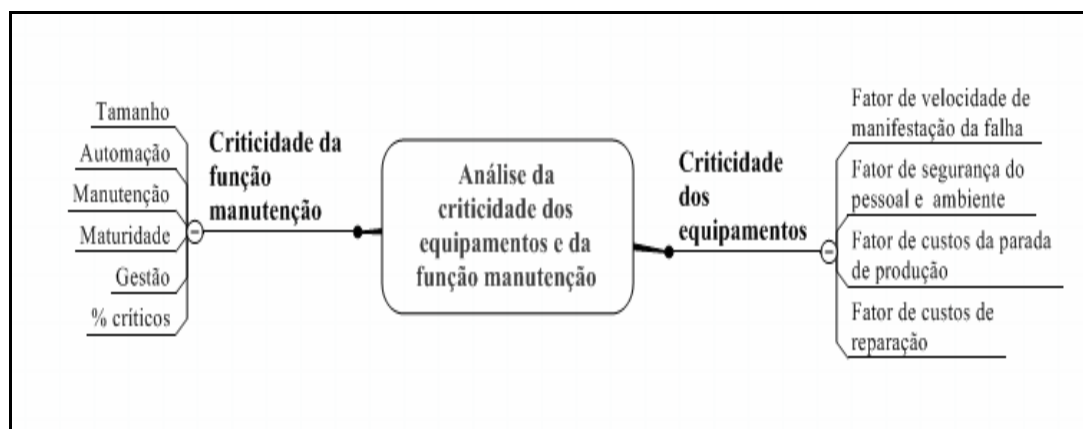


Fig. 3.7 Fatores para análise de criticidade dos equipamentos e da gestão atual da manutenção

Esta análise está composta de duas partes: a primeira avalia, para cada equipamento, um indicador de criticidade e o classifica em crítico, semi-crítico e não crítico. A segunda parte é para avaliar a criticidade conjunta de todo o sistema de manutenção e é realizada a fim de comparar as condições reais para cada par de variáveis incluídas na análise. A idéia central é visualizar como está condicionado o desenvolvimento de uma variável em relação a outra. Assim por exemplo, se a gestão administrativa dos recursos é deficiente, qualquer forma de realizar a manutenção (corretiva, preventiva ou sintomática) tem alto risco de não fornecer os resultados esperados da função manutenção.

Cada item deste módulo está integrado por:

- ✓ Fator de velocidade de manifestação da falha
 - Período P-F (*Potencial failure – Functional failure*): é o tempo que pode transcorrer entre o momento em que se detecta uma falha em potencial e o momento em que esta se transforma em falha funcional. A escala de valoração é: muito curto, não dá tempo para parar o equipamento; curto, é possível parar o equipamento; suficiente, é possível programar a intervenção.

- ✓ Fator de segurança do pessoal e do ambiente
 - Descrição: o foco é avaliar as conseqüências que a falha poderia ocasionar sobre as pessoas e seu impacto sobre o ambiente. A escala é: sem conseqüências; efeito temporal sobre pessoas, não afeta o ambiente; efeito temporal sobre as pessoas e ambiente; efeito irreversível sobre as pessoas; efeito irreversível sobre as pessoas e ambiente.
- ✓ Fator de custos da parada de produção
 - Critério: permite estabelecer critérios para categorização dos equipamentos conforme as conseqüências sobre o processo de produção e satisfação da demanda. A escala é: não implica demora na entrega; implica demora leve na entrega; implica demora e perda de clientes.
- ✓ Fator de custos de reparação
 - Classificação de acordo com Pareto: permite determinar critérios de classificação das falhas de acordo com os custos diretos de reparação. A escala usada é: classificação A: equipamento que pertence ao grupo responsável por 80% do total dos custos diretos de reparação; classificação B: equipamento que pertence ao grupo responsável por 15% do total dos custos diretos de reparação; classificação C: equipamento que pertence ao grupo correspondente a 5% do total dos custos diretos de reparação.

3.3.6 Análise dos parâmetros e seleção da concepção da manutenção

Esta aplicação da metodologia (passo 4 na Fig. 3.2) é a parte mais importante do processo já que aqui é feito uma análise com todos os dados recolhidos nos módulos anteriores e cruzada com a informação que o administrador vai a ingressar sobre as características que deveria possuir o sistema no futuro, para atender os requisitos da empresa (para maior detalhe sobre este ponto ver seção 4.9).

Para cada concepção que forma parte do modelo da metodologia selecionam-se aqueles parâmetros que definem suas características e que são relacionados com os aspectos técnicos, administrativos, de gestão, de apoio do entorno, de conhecimentos básicos, de uso de metodologias e ferramentas de otimização e de modelos de projeto. Para cada um deles fixa-se um nível mínimo que a função manutenção deveria atender em conformidade com seu entorno competitivo e o mercado que enfrenta e estes níveis são comparados com as avaliações já feitas nas etapas anteriores. Tem-se um ponto de

referência sobre as condições qualitativas que a organização possui para a implementação de algumas concepções.

Para a implementação de cada concepção devem-se ter conhecimentos específicos, habilidades especiais, infra-estrutura mínima e apoio do entorno, então se apresenta para o administrador uma matriz que mostra quais são estes requisitos, quem deverá indicar os que no momento da validação já tem cobertos ou pode acesar de forma muito rápida. Este questionário da uma outra visão sobre as possibilidades de implementação de uma alternativa de concepção.

A informação colhida neste módulo, na parte da definição dos parâmetros de seleção, tem como objetivo fornecer uma análise que faz referência a dois aspectos: as características atuais do sistema de manutenção e as metas declaradas ou o que se almeja como característica da função manutenção com a inovação da concepção (Fig. 3.8). O objetivo desta primeira parte é mostrar se a passagem de uma concepção para outra é realizável em conformidade com a análise feita, em conjunto pelo facilitador e pelo analista, dos requisitos que impõe a situação futura. Da mesma forma que nas análises anteriores a decisão está em mãos do encarregado da manutenção.

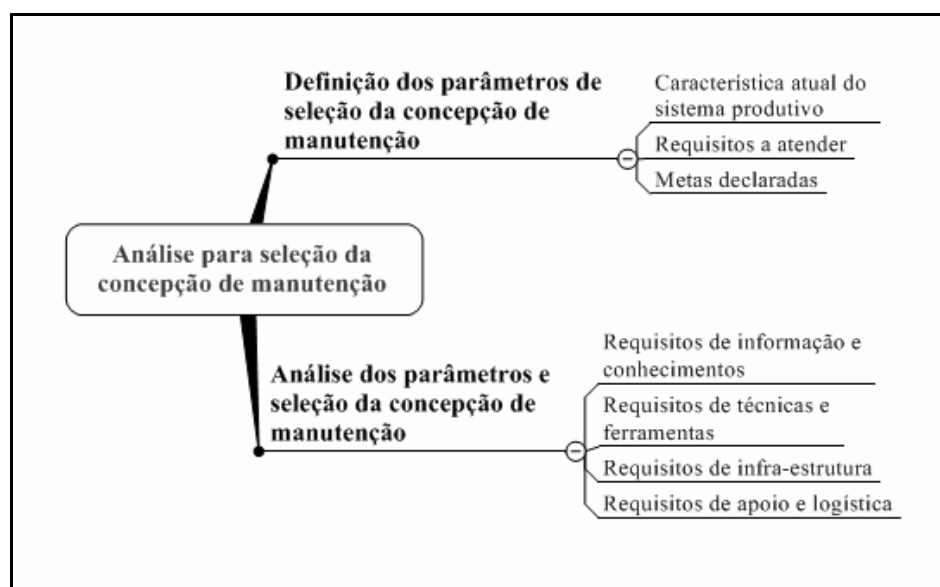


Fig. 3.8 Fatores para análise das opções de concepções de manutenção

De acordo com as metas declaradas pela equipe de manutenção, a sistemática fornece uma recomendação sobre o sistema administrativo que se deveria possuir, o nível de conhecimentos que a equipe de manutenção deveria atingir e o tipo de tarefas mínimas que deveriam realizar nos equipamentos. Tem-se desta forma uma base de discussão

quanto à função manutenção no sentido de avaliar as condições para assumir as novas responsabilidades que afetam as metas declaradas.

Se as metas declaradas pelo analista são as que na realidade vão satisfazer os requisitos da função, todos estes antecedentes servirão para adequar parte da base de decisão na perspectiva de recomendar uma nova forma de concepção de gestão de manutenção.

A informação solicitada sobre o atual sistema produtivo é (ver Fig. 3.8):

- ✓ Primeiro grupo, que compreende as características: tecnologia simples; redundâncias; quantidade alta em estoque de peças e baixa complexidade do produto.
- ✓ Segundo grupo, que compreende: tecnologia semi-automática; algumas redundâncias; nível de estoque moderado e complexidade média do produto.
- ✓ Terceiro grupo, as características são: tecnologia automatizada; baixas redundâncias; alto estoque de componentes e complexidade média a alta do produto.
- ✓ Quarto grupo compreende: tecnologia avançada; muito baixas redundâncias; sistemas complexos; alto investimento de capital e processamento contínuo.

A informação solicitada para o grupo de dados chamado "requisitos a atender" (ver fig. 3.8) é a ponderação para cada um dos requisitos que já foram definidos no módulo "nível de atendimento aos requisitos pelos equipamentos produtivos, pela manutenção, produção e logística". Este ponderação serve para centrar ainda mais a atenção sobre a relevância ou importância que se atribui a cada requisito a atender já analisados. Pode ocorrer que em algumas situações para a função manutenção eles não sejam importantes ou não estão declarados e, assim, não deveriam influenciar a seleção de uma nova concepção.

O grupo de antecedentes referido como "metas declaradas", na Fig. 3.8, têm como objetivo a coleta de informação sobre as características desejadas para a nova forma de gestão da manutenção e estão agrupadas como:

- ✓ Primeiro grupo: manter a capacidade de utilização; reduzir os trabalhos de manutenção; aumentar a confiabilidade da linha; melhorar a manutenibilidade; manter a segurança, qualidade e manter o nível de serviço.
- ✓ Segundo grupo: alta confiabilidade; alto nível de serviço; alta capacidade de utilização; aumento da produtividade; alta manutenibilidade e aumentar a segurança e qualidade.
- ✓ Terceiro grupo: alto tempo de funcionamento; baixa manutenção não programada; alta segurança e qualidade; muito alto nível de serviço e muita alta manutenibilidade.
- ✓ Quarto grupo: muito alta disponibilidade do equipamento; muita alta confiabilidade do processo; reduzido número de falhas e muito alta segurança e qualidade.

Terá que ser destacado para o analista o fato de que à medida que as metas declaradas forem mais sofisticadas, a implementação da gestão da manutenção deve fazer uso de ferramentas, conhecimentos, colaboradores e recursos de qualidade mais alta e mais detalhadas. Tem que ser levado em conta o uso dos recursos, os tempos de respostas, os conhecimentos e habilidades requeridas, entre outros aspectos. Há que se pensar em estruturas administrativas mais adequadas como as descentralizadas, matriciais ou híbridas.

A informação da parte “análise dos parâmetros e seleção da concepção da manutenção” está projetada para definir finalmente qual ou quais são as concepções mais adequadas para as condições e requisitos a atender pela função manutenção. O procedimento em primeiro lugar, conforme todos os antecedentes identificados nos módulos anteriores, submete o conjunto de dados a um filtro onde estão valorados todos os requisitos mínimos, para cada concepção e fornece o resultado sobre qual concepção de manutenção é a que melhor se adapta, conforme as características atuais da manutenção, produção e as metas declaradas.

Na segunda parte do procedimento, obtém-se uma série de antecedentes sobre as características de cada concepção e as condições sob as quais estas devem ser implementadas. Assim por exemplo, para a concepção da manutenção produtiva total (TPM) os requisitos de informação e conhecimentos identificados são: identificação dos seis tipos de perdas de eficiência; ações de manutenção, evolução do estoque e controle do orçamento; informação sobre custos de manutenção e perdas de produção; necessidades de capacitação para a manutenção autônoma; dados para conformar os parâmetros de eficiência global e informação técnica dos equipamentos. Neste ponto consulta-se o analista sobre qual destes requisitos a função manutenção está em condições, naquele momento, para levar a um bom término, isto para todas as concepções incluídas no estudo.

O objetivo desta fase é mostrar ao analista que não basta ter as condições atuais de gestão, maturidade, tecnologia e metas a cumprir bem conformadas, o que já é um grande avanço, mas também terá que se planejar para o futuro. Um dos fatores que mais influi negativamente, na seleção de uma concepção é o desconhecimento de todos os requisitos que ela impõe na sua implementação e esta parte está destinada a minimizar esse efeito. Também o módulo seguinte, a avaliação econômica, contribui ao maior conhecimento dos requisitos da concepção e os desafios para a função manutenção.

A decisão final sobre a seleção das concepções que serão submetidas à avaliação econômica é do analista, mas diante de um conjunto bastante amplo de informações sobre os requisitos de cada concepção e das capacidades atuais da função manutenção.

3.3.7 Análise econômica das alternativas de manutenção

A avaliação econômica é um passo importante na seleção final da concepção da manutenção, já que nesta parte se valora o real impacto da inovação na gestão. Na Fig. 3.9 se mostram os componentes deste estudo com o qual se finaliza a aplicação da metodologia e corresponde ao passo 5 indicado na Fig. 3.2.

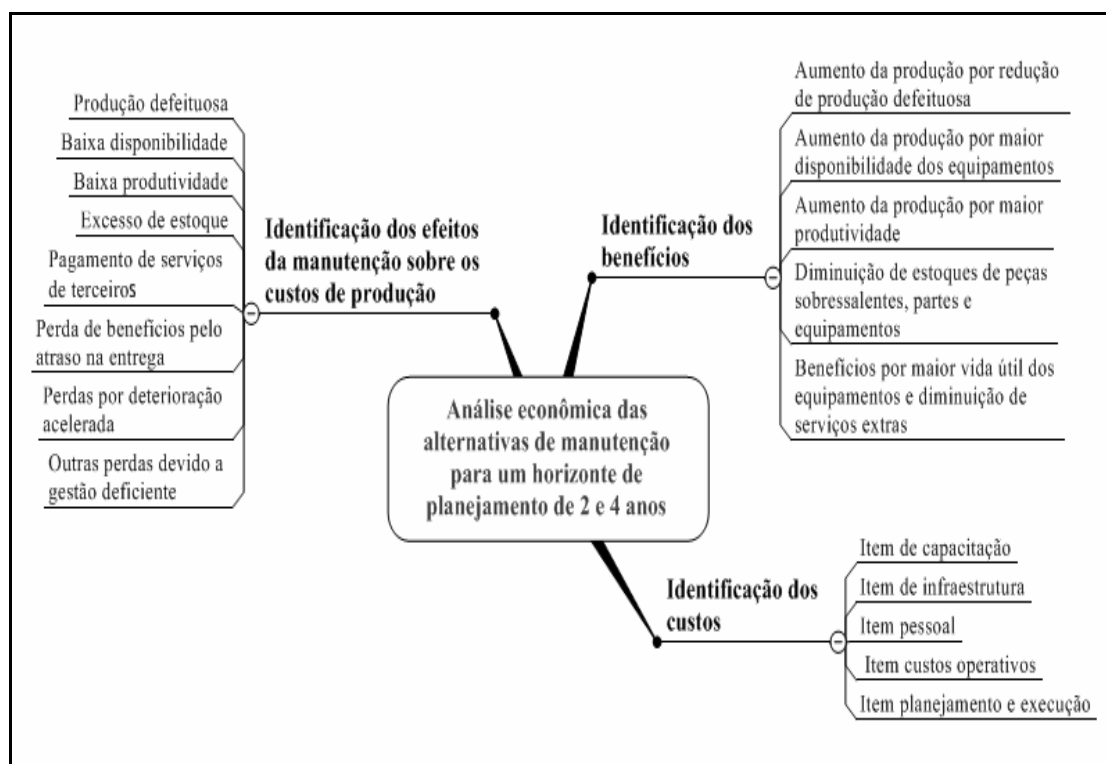


Fig. 3.9 Aspectos considerados na análise econômica das alternativas selecionadas

Este módulo da metodologia é o mais difícil de realizar, porque quantificar os benefícios é uma tarefa que requer um conhecimento (e uma estimativa do futuro) que muitas vezes não está presente, em especial quando se está trabalhando diante de uma experiência inovadora. Embora o módulo ofereça uma lista dos benefícios esperados e não é necessário que o analista tenha que identificá-los, sua valoração requer o trabalho de uma equipe experiente e qualificada. O ganho adicional refere-se à necessidade da equipe pesquisar em profundidade sobre suas capacidades instaladas, e identificar aquelas que podem surgir dentro ou fora da organização, para assim obter valores de acordo com a sua realidade.

Vale destacar a característica principal desta avaliação econômica, de ser do tipo incremental, ou seja, a referência está na estrutura atual de custos. Qualquer diminuição

destes custos se transforma em um ganho para a empresa. Se ao final da avaliação, para as alternativas selecionadas, o resultado é negativo ou que não convém trocar a estrutura atual por uma nova, significa que os benefícios obtidos não compensam os custos da implementação. Neste caso o que resta é implementar ações para eliminar as fraquezas detectadas e melhorar a gestão atual, até que os requisitos do mercado em que a empresa se desenvolve imponham novas condições.

Em geral a estimativa dos custos é relativamente mais simples, já que é um trabalho habitual dentro da administração de recursos. A metodologia requer a inclusão dos valores de custos, classificados na forma de itens para cada concepção, conforme se mostra na Fig. 3.9. Ao selecionar, por exemplo, a concepção da manutenção centrada no risco, no item capacitação os custos de treinamento solicitados deveriam ser para os seguintes conhecimentos: princípios metodológicos da manutenção centrada no risco; técnicas de avaliação física e econômica do risco; análise dos modos de falha e sua criticidade (*FMECA*); definição das criticidades dos equipamentos e teoria das probabilidades e estatística para análise de riscos. Para os demais itens a informação solicitada também deve estar de acordo com a concepção selecionada.

O resultado fornecido neste módulo é o benefício líquido presente e a taxa interna de retorno. Esta última informação deve ser comparada com a taxa exigida pela empresa para os projetos de investimento e se indica qual das concepções cumpre com a condição financeira. Se não existir condicionantes qualitativas, a concepção que resultou na maior taxa deve ser implementada.

3.4 PROCESSO DE APLICAÇÃO DA METODOLOGIA

Em cada passo da aplicação da metodologia, obtém-se informação sobre o estado da gestão atual da manutenção e do nível tecnológico que existe na empresa. Tudo se refere aos objetivos que a função manutenção deve atender. Este processo se considera similar a uma análise de forças e fraquezas da organização, como também de oportunidades para melhorar o desempenho da função (*SWOT*).

Para cada conjunto de variáveis de decisão que compõem a metodologia se obtém gráficos e relatórios sobre o estado atual, mais sugestões que são resultados de uma análise dos valores do processamento dos dados obtidos ao aplicar as listas de verificação. Esta informação ajuda o responsável pela manutenção a propor estratégias para o melhoramento, onde as necessidades, suas características e a meta a alcançar estão identificadas.

Na Fig. 3.10 mostra-se, em sua totalidade, o processo de aplicação da metodologia identificando as ferramentas usadas. O processo conta com um corpo principal de compilação de informação, que uma vez elaborado é fornecido ao administrador na forma de indicadores, principalmente. Este por sua vez, apoiado no conhecimento de sua realidade (capacidade dos recursos e urgência em atender as metas impostas) decidirá se aceita o nível dos parâmetros ou indicadores definidos em cada análise. Quando isto ocorre, passa-se para estudo seguinte ou, estuda-se a viabilidade de implementar ações para eliminar as debilidades em seu sistema.

Dentro desta metodologia está contemplada uma via de retro-alimentação de informação que, de acordo com o período de tempo que transcorre a implementação das estratégias recomendadas para o melhoramento no processo de avaliação, o administrador deverá avaliar se retorna para começo do processo de análise ou somente à etapa anterior. O ponto chave está nas mudanças dos objetivos para a manutenção neste período. Se os objetivos forem os mesmos, não terá sentido recomeçar tudo de novo, é só retonar ao caminho do ponto onde se implementaram as melhorias.

A elaboração das estratégias é tarefa do administrador, já que ficará sob seu controle todo o processo que consiste em introduzir melhorias em um sistema que já tem sua forma de proceder e, ninguém melhor do que ele para liderar estas transformações.

Uma ferramenta muito usada para definir prioridades, contrastar situações e avaliar alternativas é a análise matricial (CLARKE e GARSIDE, 1997; GOVERS, 1996; HAN *et al.*, 2001). Esta ferramenta será usada neste trabalho para desenvolver modelos que ajudarão o administrador, em seu processo de definição das prioridades para implementar os melhoramentos necessários em seu sistema de manutenção. Outra ferramenta proposta é o uso de fatores-chave de sucesso, a qual pode ser usada para estudar o tratamento das variáveis de operatividade da manutenção no que se relaciona à proposição de estratégias para as ações de manutenção (ver itens 2.6.1, 2.6.2 e 2.6.3).

Os modelos a serem mostrados nas seções seguintes são complementares á metodologia e estão disponíveis para ajudar ao administrador em três situações específicas: o problema de hierarquizar os investimentos para atualizar o parque de equipamentos, o impacto as ações para melhorar a maturidade da organização e para ajudar na identificação das melhores estratégias para a implementação das ações de manutenção.

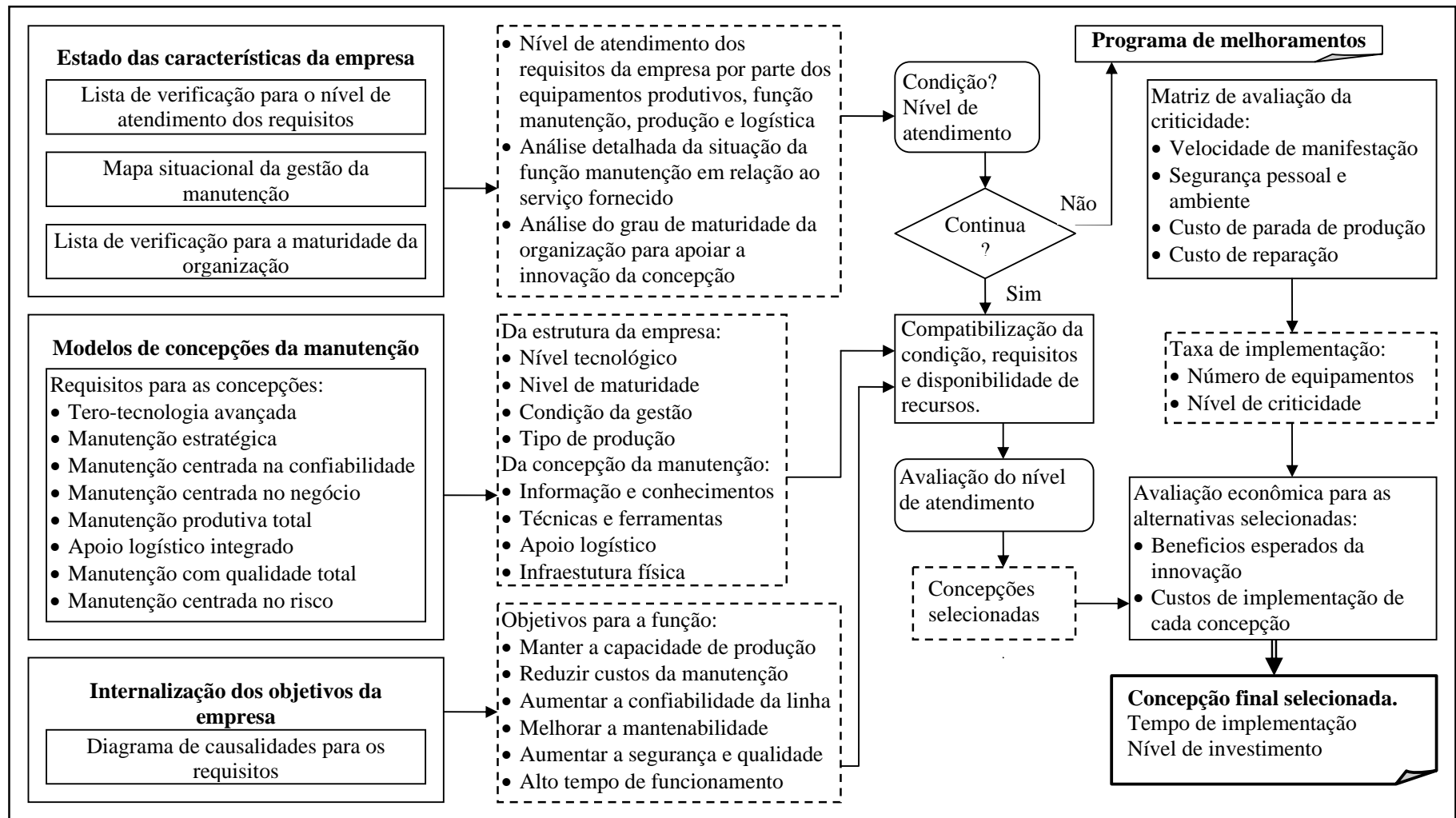


Fig. 3.10 Processo de aplicação da metodologia para definir a melhor concepção de manutenção para a produtividade industrial

A modelagem proposta tem por finalidade ajudar o responsável pela manutenção a definir prioridades no processo de melhoramento, mas tendo em mente o conceito da análise holística, o qual demonstrou ser a melhor opção no momento de introduzir inovações em um sistema.

3.4.1 Hierarquização dos investimentos no parque de equipamentos

Para solucionar o problema de obsolescência ou inadequação de alguns equipamentos da linha de produção, geralmente a solução mais imediata é adquirir a máquina ou tecnologia e instalá-la. Mas o problema não é tão simples como parece: terá que assegurar-se de que a organização (produção e manutenção especificamente) pode absorver a tecnologia (CHEN e SMALL, 1996) e que a linha de produção, por outro lado, não seja prejudicada pela inserção de um novo componente (geração de estoques intermediários ou elevação de custos de produção por subutilização).

O impacto da introdução de um novo equipamento na linha de produção não somente se reflete na célula de onde fará parte integrante, mas também repercute em todos os processos que são realizados na linha de produção.

O melhoramento de um processo leva a adequar os demais equipamentos ou processos, para que desta forma o ganho em uma célula não se converta em perdas nas outras. O problema se amplia quando os pontos que necessitam melhoramentos são vários e o orçamento é limitado. Terá então que tomar decisões sobre as prioridades de investimento sobre os equipamentos.

O procedimento mostrado na Fig. 3.11 usa um conjunto de indicadores, apoiados nos antecedentes obtidos da aplicação da metodologia e outros que são fornecidos pelo analista. Os antecedentes obtidos da aplicação da metodologia são a criticidade de cada equipamento e seu nível atual de adequação às metas impostas para o equipamento que está sujeito ao estudo da manutenção. O administrador deve introduzir o custo de cada equipamento, o impacto do equipamento novo sobre o restante da linha (valor positivo ou negativo) e a apreciação da capacidade de adequação das pessoas e infra-estrutura à nova tecnologia.

A matriz para a análise dos resultados está composta de dois grupos de indicadores: um grupo referido à situação atual do equipamento e ao impacto da inovação na linha de produção e o outro grupo ao custo de aquisição do equipamento e à criticidade do equipamento.

	laminadora v115	polidora A33	torno horizontal	máquina 4	máquina 5	máquina 6	máquina 7	máquina 8	máquina 9	máquina 10	máquina 11	máquina 12	máquina 13
Processos na linha de produção													
Processo A	5									3			
Processo B	3								3				
Processo C	5											3	
Processo D		5					3			3		3	
Processo E				3				3					3
Processo F											3		
Processo G				5			3						
Processo H					5	5			3				3
Processo I			1		3	5		3					
Processo J						5			3				
Valor do investimento (US\$)	1000	42000	56000	120000	38000	1200	4500	12500	6800	4000	10000	13600	8000
Média do atendimento por equipamento	3,05	2,95	3,00	3,05	2,91	3,05	3,18	3,50	3,18	3,23	3,14	3,14	2,86
Criticidade dos equipamentos da linha	95	57,5	90	82,5	70	57,5	57,5	47,5	47,5	57,5	65	77,5	67,5
Valor do impacto na linha de produção	13	5	1	8	8	15	6	9	9	6	3	6	6
Grau de adequação à tecnologia	5	5	3									3	
Média do atendimento / Impacto (M/I)	0,23	0,59	3,00	0,38	0,36	0,20	0,53	0,39	0,35	0,54	1,05	0,52	0,48
Ordem para (M/I)	2	11	13	5	4	1	9	6	3	10	12	8	7
Criticidade / valor investimento (C/V)	0,0950000	0,0013690	0,0016071	0,0006875	0,0018421	0,0479167	0,0127778	0,0038000	0,0069853	0,0143750	0,0065000	0,0056985	0,0094375
Ordem para (C/V)	1	12	11	13	10	2	4	9	6	3	7	8	5
Ordem para o conjunto	1	12	13	10	7	1	5	8	3	5	11	9	4

Impacto na linha de produção.

Escala de valoração:
5: positivo muito alto
3: positivo médio
1: positivo baixo
0: sem importância
-1: negativo baixo
-3: negativo médio
-5: negativo muito alto

Grau de adequação à tecnologia.

Escala de valoração:
5: muita alta adequação
3: adequação média
1: adequação muito baixa

Fig. 3.11 Matriz de hierarquização para definir prioridades de investimentos baseado nos critérios de criticidade e investimento

A primeira lista ordenada fornecida pela matriz está referida à situação atual do nível de atendimento dos equipamentos em relação às metas impostas para obter um produto, de acordo com a qualidade que o mercado exige (ver itens 3.4.2 e 4.5).

Este valor se faz referência com o impacto que provoca a introdução do equipamento na linha de produção, o qual é obtido mediante a soma dos impactos pontuais em cada processo de fabricação envolvido. O primeiro critério - $Cr_{1,j}$ - (**Média do atendimento / Impacto (M/I)**) é calculado pela razão entre o nível de atendimento do equipamento j considerado - MA_j - (**Média do atendimento por equipamento**) e - $IP_{i,j}$ - (**Criticidade dos equipamentos da linha**) o impacto total na linha de produção do equipamento j nos processos de fabricação i (Ver Fig. 3.11).

Para cada equipamento $o j$:

$$Cr_{1,j} = \frac{MA_j}{\sum_{i=1}^n IP_{i,j}} \quad i = 1, 2, \dots, n \text{ processos} \quad (\text{Eq. 3.1})$$

A máquina associada ao valor mais baixo deveria ter prioridade na aquisição, já que isto indica que o equipamento possui um nível baixo de atendimento dos requisitos de negócio da empresa e, além disso, um alto impacto nos processos de fabricação da linha de produção.

O segundo critério - $Cr_{2,j}$ - (**Criticidade / valor investimento (CV)**) é calculado mediante a razão entre a criticidade do equipamento j - $CRIT_j$ - (**Criticidade dos equipamentos da linha**) (vide itens 3.5.5 e 4.8) e o custo de aquisição deste - CE_j - (**Valor do investimento (US\$)**), cujo valor é introduzido pelo analista (Ver Fig. 3.11).

Para cada equipamento $o j$

$$Cr_{2,j} = \frac{CRIT_j}{CE_j} \quad (\text{Eq. 3.2})$$

Este indicador dá preferência a aquele equipamento cuja criticidade é alta e seu custo de aquisição baixo, ou seja, leva em conta não somente o aspecto econômico, mas também sua importância na confiabilidade da linha de produção. Deveria ter prioridade o equipamento associado ao indicador com maior valor.

O terceiro indicador mostrado na Fig. 3.11 é a conjunção dos dois indicadores anteriormente nomeados, e aquele equipamento com o ordenamento nos primeiros lugares

das listas anteriores, ficará com a mais alta preferência para ser introduzido na linha de produção, já que é o que melhor atende todas as condicionantes para uma boa seleção.

Deve-se ressaltar que este modelo é somente um procedimento de ajuda para o administrador com a finalidade de lhe dar uma visão holística do problema. Mas podem existir condicionantes especiais que farão com que a sugestão fornecida pelo modelo fique sem validade, como a urgência na aquisição do equipamento ou um orçamento muito pequeno. Então o administrador terá que decidir sobre a aquisição do equipamento somente por um único fator que é o custo de perda de vendas ou custo do equipamento. Também pode acontecer que a influência da introdução do equipamento na linha de produção seja quase nula para o resto dos processos. Neste caso uma análise deste tipo não é necessária realizar, já que o problema está restrito a um ponto só na linha de produção, ou que a condição do nível de baixo atendimento dos requisitos se concentre somente em poucos equipamentos para o qual a solução pode ser direta.

No modelo faz-se referência a uma variável chamada de grau de adequação à tecnologia, que pode ser uma condicionante que mude todas as prioridades definidas pelo modelo. Contudo esta variável é de difícil modelagem por ser muito subjetiva. A variável, grau de adequação pode influir na redefinição da tecnologia do equipamento, ou no atraso da introdução da máquina, devido a exigências de capacitação dos operadores e mantenedores, obras em infra-estrutura entre outras restrições.

3.4.2 Hierarquização das atividades relacionadas com o melhoramento da maturidade da organização para a manutenção

O modelo mostrado na Fig. 3.12 relaciona as variáveis que foram definidas para descrever o nível de maturidade da organização em relação às tarefas ou ações recomendadas para serem implementadas, tendo por finalidade eliminar os pontos fracos na organização. Melhorar a maturidade traz como consequência duas vantagens: reduzir a variabilidade inerente ao processo e melhorar a eficiência média do processo (COOKE-DAVIES e ARZYMANOWC, 2003).

Um estudo sobre a maturidade tem entre outras finalidades ajudar à organização a reconhecer quando e por que deve melhorar, bem como obter uma visão dela própria e, assim, conhecer quais ações precisa empreender para conseguir alcançar seus objetivos (DUFFY, 2001). Desta forma, assegura-se a prover os meios adequados para melhorar o desempenho de cada integrante e da organização como um todo (HARRISON, 1995).

Ações a implementar Aspectos da maturidade considerados	Criar canais de comunicação efetivos	Capacitação em relações inter-pessoais	Capacitação em avaliação de projetos	Planejamento dos trabalhos operacionais e uso dos recursos	Planejamento da execução dos projetos uso do CPM, PERT e GANTT	Formalizar os canais e sistemas de informação	Ter estratégias para obter das pessoas retro-alimentação	Mostrar os benefícios obtidos em projetos anteriores e motivar a participação	Conhecer e integrar aos profissionais para formar equipes de trabalho eficientes	Ter procedimentos e diretrizes para constituir equipes para os projetos	Nível atual da maturidade
	Mostrar resultados produto da aplicação do projeto de inovação da manutenção	1				1	1		1		
Constituir equipes de projeto multidisciplinares para o melhoramento		1						1			2,8
Ter apoio constante de toda a organização na mudança	1					1		1			2,5
Possuir equipes multidisciplinares para estudo e implementação de projetos		1		1					1	1	2,3
Ter alta produtividade nas etapas iniciais do projeto de manutenção	1		1	1	1		1		1		2,8
Ter alto nível de apoio para a implementação das mudanças		1				1		1			2,3
Obter um reconhecimento positivos para as mudanças	1							1			2,5
Ter entre as pessoas uma cultura para as mudanças							1	1			2,4
Ter equipes com alta eficiência no trabalho		1	1				1		1	1	2,7
Constituir equipes homogêneos de trabalho		1							1	1	2,5
Número de impactos	4	5	2	2	2	3	3	6	4	3	
Ordem das prioridades para a implementação	5	4	10	6	6	1	9	2	8	3	

Introduzir o valor 1 quando existe relação de impacto sobre a variável de maturidade

Fig. 3.12 Matriz de prioridades para ações relacionadas com a maturidade da organização baseada no numero de impactos na organização

O foco central do modelo está em procurar qual a ação de melhoramento, dentro de todas as sugeridas, que provoca o maior impacto através de todos os aspectos considerados no estudo da maturidade e, desta forma ser mais efetivo na aplicação das ações selecionadas. O critério de ordenamento - $Cr_{3,j}$ - (**Ordem das prioridades para a implementação**) é o produto ponderado entre o grau de maturidade de cada aspecto i - GM_i - (**Nível atual da maturidade**) determinado na aplicação da sistemática (ver itens 3.4.4 e 4.7 para maior detalhamento da forma de obter o grau de maturidade) e o número de impactos de cada ação j no conjunto de aspectos i - $imp_{i,j}$ - (**Número de impactos**) (Ver Fig. 3.12).

$$\begin{aligned} & \text{Para cada ação } j \\ Cr_{3,j} &= \sum_{i=1}^n imp_{i,j} \times GM_i \quad i = 1, 2, \dots, n \text{ aspectos} \end{aligned} \quad (Eq. 3.3)$$

Ordenam-se da menor para o maior, priorizando desta maneira às ações que têm o maior número de impacto sobre os aspectos com mais baixo nível de maturidade.

O modelo mostrado na Fig. 3.12, a título de exemplo, considera somente os aspectos relacionados com apoio da organização à implementação de projetos de inovação para a gestão da manutenção e a cultura da organização com relação às mudanças. A definição das ações de melhoramento, quando se aplica a metodologia, em princípio está enfocada para resolver o problema pontual de cada variável da maturidade, mas no modelo de hierarquização destas ações já se tem a visão holística do problema. Desta forma, define-se o conceito de impacto da ação.

A diferença com o modelo para aquisição de equipamento, este modelo considera que cada ação de melhoramento tem o mesmo grau de impacto em qualquer variável da maturidade, mas se o analista considera importante realçar o nível do impacto pode definir uma escala para cada grau, e introduzir os valores na matriz.

Nos dois últimos modelos apresentados pode-se dar a situação que dois ou mais fatores tenham o mesmo valor para o critério de ordenamento, mas a condição que deu origem a estes valores pode ser muito diferente para cada um deles. Prestar maior atenção em quanto suceda esta situação já uma decisão baseada numa análise sem aprofundamento pode levar a resultados errados.

3.4.3 Fatores chave de sucesso na implementação das estratégias de manutenção

Os fatores chaves de sucesso fornecem uma relação entre o desempenho de um negócio ou atividade, em termos de vantagens competitivas, e as causas desse desempenho, em termos do aproveitamento dos recursos e do uso das habilidades. E *sucesso* é definido como o desempenho de uma atividade, que quando comparada a um critério de eficiência válido é superior a este valor (GRUNET *et al.*, 1992).

O mais importante é que os parâmetros que são definidos como críticos refletem os pontos chave que a função de manutenção deve desenvolver e atender de forma eficiente para apoiar as estratégias definidas para o negócio da organização e ter sucesso na sua gestão.

A estratégia é o que transforma as idéias em realidade. Sem idéias não há um contexto para a formulação e implementação de estratégias (CHAHARBAGHI e WILLIS, 1998). Para a função manutenção as idéias para formular as estratégias vêm do conhecimento total da realidade que se enfrenta e que deve manter sob seu controle. Além disso, soma-se o fato de que a implementação de uma estratégia é um processo que abrange um período de tempo e, portanto necessita de uma aprendizagem e de um seguimento contínuo (Fig. 3.13). É por isso que o manejo de correlações entre o fator chave de sucesso definido e a taxa de variação do efeito que se deseja otimizar, fornece um melhor diagnóstico da efetividade das ações de manutenção.

Para muitos casos, especialmente em ambientes competitivos, que apresentam uma série de fatores intangíveis, a avaliação da eficácia organizacional não pode ser resumida às medidas de desempenho quantitativas (financeiras ou não-financeiras), mas deve também incluir explicitamente fatores intangíveis (RANGONE, 1997). Neste caso deve-se dar ênfase, por exemplo, à capacitação contínua, a um ambiente de trabalho com segurança, etc., e não somente ao cumprimento da meta de custos.

Uma vez identificados os fatores que vão ser otimizados (minimizar ou maximizar), procura-se propor as estratégias que vão ser implementadas para cada um dos fatores-chave de sucesso. O processo começa com a declaração do objetivo que se deseja atingir e para este objetivo se define qual será a estratégia a implementar. Posteriormente se correlacionam os resultados obtidos no ambiente de fábrica, como consequência da execução das ações e a taxa de variação para um período de referência.

Dependendo da natureza da taxa e da estratégia definida, a correlação será positiva ou negativa, evidentemente, em função do julgamento do administrador sobre os resultados e sobre o sucesso da estratégia.

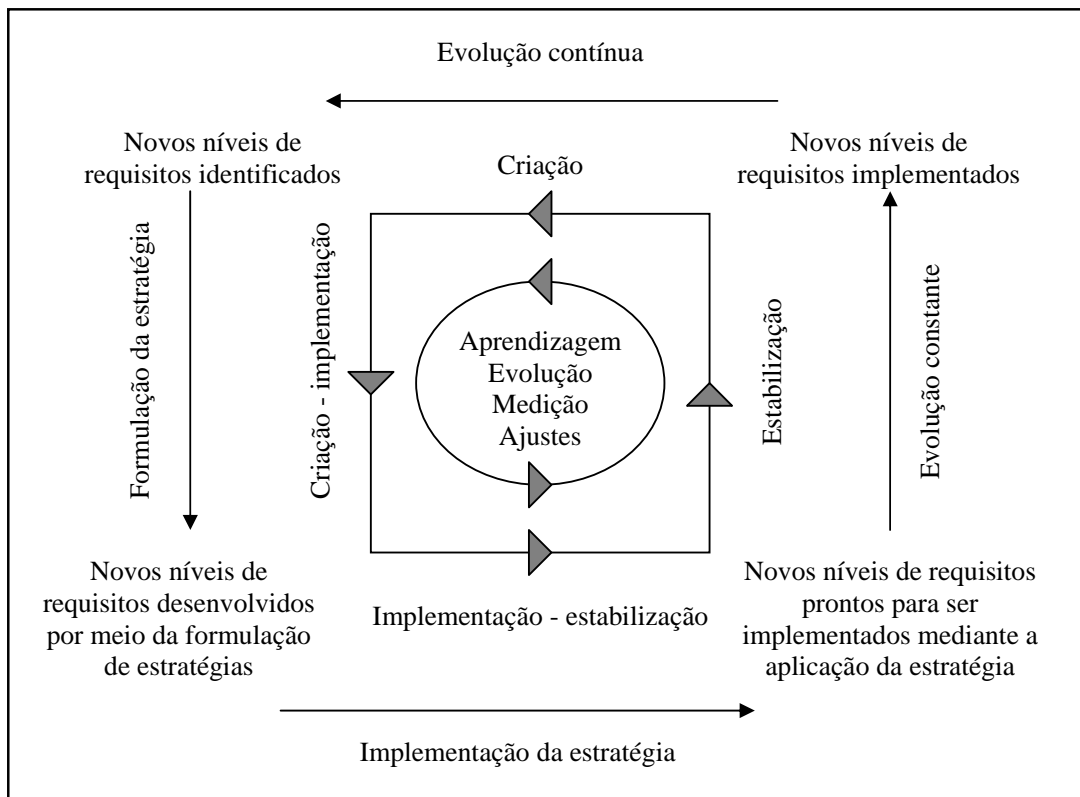


Fig. 3.13 Modelo integrado de formulação de estratégias (baseado em CHAHARBAGHI e WILLIS, 1998)

Por exemplo, na definição de uma estratégia para melhorar a qualidade da produção (ver item 2.7.3 para maior informação), declara-se a estratégia, ação e fator de correlação com a finalidade de atuar de forma positiva sobre esse fator. Na Fig. 3.14 se mostram os aspectos para a estratégia E1, e são:

- Objetivo da estratégia: promover a melhoria da qualidade do produto via aumento da implementação de manutenção preditiva;
- Ação: comunicar ao grupo de projetos as melhorias possíveis para introduzir no equipamento com a finalidade de aumentar a eficiência da manutenção;
- Fator de correlação (FC): correlação entre a taxa de produtos rejeitados no controle de qualidade e o investimento em instrumentação no equipamento. Deve ser negativo.

Para cada requisito que a empresa fornece à função manutenção, esta deve definir uma estratégia e um fator de correlação para fazer um controle da efetividade das ações implementadas visando atender os requisitos da empresa. Na Fig. 3.14, mostra-se um exemplo de um conjunto de estratégias e seus fatores para medir a efetividade para os requisitos definidos no diagrama de causalidade da Fig. 2.10.

Se o administrador preferir vincular sua gestão a um conjunto de indicadores, o modelo também serve já que parte do fator de correlação pode se transformar em um indicador. Nesse caso deveria ter um valor de referência para medir a eficiência da implementação da estratégia.

3.5 COMENTÁRIOS

O conceito presente neste capítulo aponta para importância de se conhecer, antes de optar por uma concepção da manutenção específica. Se a empresa existe, então há também um conhecimento presente em todos os níveis. Assim, ao optar por inovar a gestão de manutenção, que neste caso se dá de forma progressiva, deve-se aprofundar o conhecimento de seus ativos e recursos humanos e financeiros. Mas para que se tenha um real apoio à gestão da manutenção, o objetivo da função deve estar em total concordância com o objetivo de negócio da empresa.

A modelagem proposta leva em consideração todos estes elementos relacionados, na sua parte principal ou central, mais uma série de outras ferramentas complementares destinadas a definir estratégias para o melhoramento. Na parte central do modelo se destaca a análise da maturidade da organização, já que conhecê-la, ou melhor, dimensioná-la, dá a base para decidir se a organização é apta para introduzir inovações em sua gestão.

Todos os elementos incluídos na metodologia para a definição de uma concepção da função de manutenção são importantes e estes podem ser usados para avaliar a gestão atual e assim ter uma visão muito acertada sobre seu nível atual. Se na aplicação da metodologia é detectada a falta de qualquer destes elementos, é uma indicação para o administrador de que alguma coisa está faltando, ou em caso contrário, que se têm as condições para empreender novas ações dirigidas a satisfazer os requisitos que a manutenção deve atender.

A aplicação da metodologia é baseada em passos seqüenciais e cada um destes passos fornece um resultado, produto da análise das respostas do analista a cargo do estudo. A avaliação destes resultados em comparação com a realidade da organização e

análise que se faz junto ao facilitador dará as bases para aceitar o valor dos indicadores e continuar no estudo.

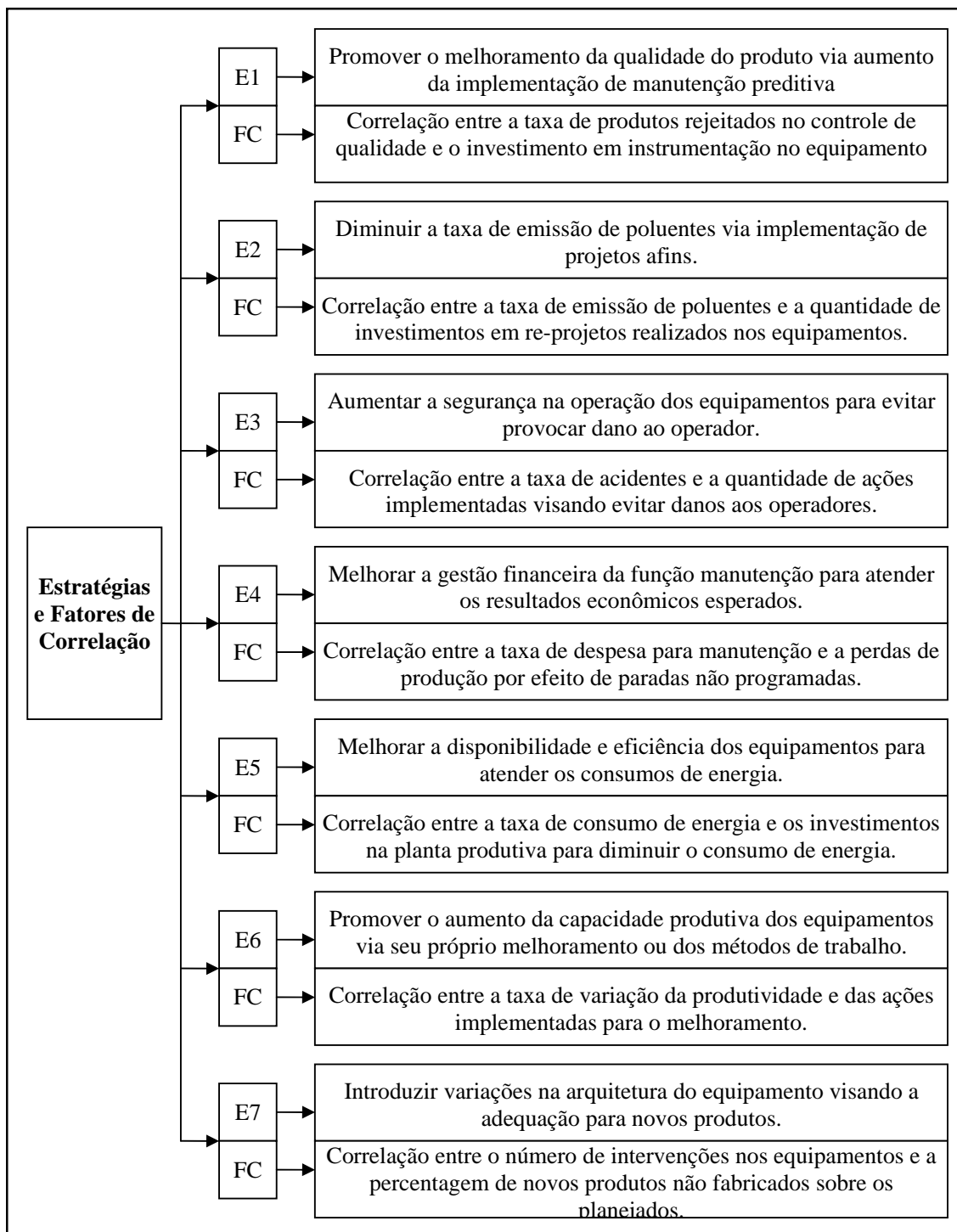


Fig. 3.14 Dados para a análise de uma estratégia implementada

Não basta um bom modelo de análise e o uso de ferramentas de efetividade comprovada, mas também o analista deve ter a capacidade de discriminar e interpretar adequadamente os resultados para tomar as decisões acertadas. Além disso, não pode perder a visão do negócio, ou uma visão holística do negócio, tanto no âmbito interno da empresa, quanto em relação a outras empresas do ramo.

É certo que todo o processo está apoiado, principalmente em escalas de valoração de tipo quantitativas, muito sujeito à apreciação do encarregado da manutenção. Assim, para evitar as distorções, produto da apreciação qualitativa e, desta forma obter um valor que é relativo entre todas as variáveis consideradas, a equipe que assumirá o papel de analista deve ser sempre a mesma em todo o estudo, ou seja, o padrão de medição é mantido durante a aplicação da metodologia.

OLEN (1998) menciona que os modelos matemáticos de otimização para manutenção são raramente usados na gestão da manutenção pela falta de dados completos para o seu desenvolvimento. No mesmo sentido RAUSAND (1998) acrescenta que os modelos de otimização, muitas vezes, são desenvolvidos fora da realidade da aplicação das ações de manutenção. No caso em que os dados não estejam disponibilizados ou o modelo não possa descrever com suficiente precisão a situação em estudo, o melhor é recorrer ao julgamento de um especialista para efetuar formalizações rigorosas, ou ao encargo de um engenheiro comprometido com a aplicação da manutenção, para obter informações valiosas do comportamento do entorno (OLEN, 1998). Este processo de obtenção de informações específicas dá um ganho de anos na avaliação da implementação de uma determinada aplicação.

Os problemas que são detectados na aplicação da metodologia, em geral, fazem referência à realização de investimentos em tecnologia, capacitação, melhoramentos das relações humanas e infra-estrutura e, tudo isto, é produto das debilidades detectadas no processo. Neste caso aplicar uma análise F.O.F.A. (*S.W.O.T.*) para detectar fraquezas seria redundar sobre o mesmo tema.

Para ajudar na priorização dos investimentos se fornece um conjunto de ferramentas em forma de matrizes e fatores de sucesso e, com base nesta valoração, podem-se propor planos de melhoramento. Estes planos podem ser implementados de forma paralela com a concepção da manutenção, para assim atacar vários problemas de uma vez e avançar mais rápido para o objetivo. A aplicação de forma simultânea é uma decisão que tem dois lados, por um deles envolve tempo e dinheiro, e por outro, benefícios

que são perdidos por não atender as exigências do cliente. Novamente o aspecto financeiro está presente na decisão.

CAPÍTULO 4

IMPLEMENTAÇÃO COMPUTACIONAL DA METODOLOGIA E ANÁLISE DOS RESULTADOS

No capítulo anterior identificaram-se os aspectos que compõem a metodologia e todas as variáveis de entrada para realizar a aplicação. Nesta seção serão mostradas as saídas que o programa fornece, os resultados da análise dos dados fornecidos pelo analista da manutenção, que estarão apresentados na forma de gráficos, relatórios e recomendações para a implementação de melhorias no sistema da função manutenção.

4.1 INTRODUÇÃO

Obter a informação adequada e processá-la para implementar ações na empresa, sejam estas ações para o melhoramento, inovação ou re-projeto, consome muito tempo porque na maioria dos casos esta informação está dispersa ou as fontes são do tipo informal (LOWE *et al.* 2004). Neste caso é necessário dispor de uma ferramenta que ajude o analista a coletar a informação que precisa, em especial do tipo informal, com a finalidade de conformar sua base de dados para ser usada no processo de análise da organização e na sua posterior tomada de decisão.

A informação de tipo informal, para esta aplicação, tem relação com a análise de maturidade e com o nível de atendimento dos equipamentos aos requisitos de produção, enquanto que a informação de tipo formal está relacionada, entre outros aspectos, com a análise de custos e a estimativa dos benefícios. Por formal se entende aquelas em uma base de dados formalizada dentro da organização e a que se tem acesso de diversos pontos de consulta e para atualização.

A ferramenta computacional foi desenvolvida para apoiar os agentes do processo de inovação da gestão de manutenção e posterior acompanhamento da implementação. Assim procurou-se dar ênfase às interfaces usadas, sejam estas gráficas ou textuais. Não adianta ter um algoritmo eficiente implementado se os resultados que se obtém não conseguem fornecer a informação com a utilidade esperada pelos usuários. Neste aspecto os resultados se expressam em uma linguagem simples e com o apoio de gráficos e tabelas.

Todo o processo de definição de quais variáveis que contém cada módulo do programa, os parâmetros que servem para avaliar cada variável estão detalhados no Capítulo 3 “Modelagem do processo de seleção da concepção de manutenção” (todo o procedimento resumido na Fig. 3.10). Este capítulo concentrará mais a atenção na captura dos dados de entrada, nas saídas que provê a implementação computacional e no uso e aplicação da informação por parte do analista e pelo facilitador do estudo.

4.2 ESTRUTURA DA IMPLEMENTAÇÃO COMPUTACIONAL

A sistemática está estruturada com dezesseis entradas relacionadas com a análise para a implementação da concepção da manutenção e mais três, de número 17 a 19, que contêm modelos para ajudar na avaliação de alternativas para introduzir melhorias no sistema de gestão atual de manutenção (Fig. 4.1). Os três últimos modelos já foram abordados nos capítulos anteriores, mas para sua aplicação devem ser complementados com uma análise econômica, que é também uma tarefa para a equipe de manutenção.

O programa computacional foi desenvolvido de forma a possibilitar o acesso independente para cada um dos fatores a serem analisados para se chegar à concepção de manutenção mais adequada. Da mesma forma, a inclusão de dados pode ser feita de maneira independente. Neste contexto, as onze primeiras telas dispõem de todas as informações requeridas para a seleção da melhor sistemática de manutenção, mas é conveniente preencher todas elas de uma forma continuada.

Nos módulos que contêm os modelos de análise para ajudar na definição dos investimentos e ações de melhoria (telas 17,18 e 19 da sistemática), têm-se os dados processados nas planilhas relacionadas com estes aspectos. Além destes, há que se adicionar aos dados introduzidos pelo analista. Por isso é importante que todos os dados das planilhas precedentes sejam devidamente atualizados e validados.


SISTEMÁTICA PARA SELEÇÃO DA CONCEPÇÃO DE MANUTENÇÃO (SSCM) 		
Atividades principais		
1	Identificação e caracterização da empresa	→
2	Nível de atendimento aos requisitos pelos equipamentos produtivos, pela manutenção, produção e logística	→
3	Análise detalhada da situação atual da função manutenção	→
4	Avaliação do grau de apoio contínuo da organização para inovação da função manutenção	→
5	Avaliação do nível de cultura dos colaboradores para mudanças na manutenção	→
6	Avaliação do nível de comunicação interna e externa da função manutenção	→
7	Avaliação do nível de uso de metodologias e ferramentas	→
8	Avaliação do nível de gerenciamento dos conflitos internos e externos da empresa	→
9	Resumo da análise da maturidade para função manutenção	→
10	Análise da criticidade dos equipamentos e da função manutenção	→
11	Definição dos parâmetros de seleção da concepção de manutenção	→
12	Análise dos parâmetros e seleção da concepção da manutenção	→
13	Identificação dos efeitos da manutenção sobre os custos de produção	→
14	Análise econômica das alternativas de manutenção para um horizonte de 2 anos	→
15	Análise econômica das alternativas de manutenção para um horizonte de 4 anos	→
16	Resumo da aplicação da sistemática SSCM	→
Ferramentas complementarias		
17	Modelo de análise para a tomada de decisão sobre investimentos em equipamentos	→
18	Modelo de análise para definir ações de melhoria na maturidade da organização	→
19	Modelo de análise para avaliação das estratégias implementadas para atender os requisitos da empresa	→

Fig. 4.1 Tela com sumário da Sistemática de Seleção de Concepção de Manutenção (SSCM) para acessar as informações requeridas para aplicação da metodologia

4.3 IMPLEMENTAÇÃO DA ANÁLISE DA INFORMAÇÃO FORNECIDA

A metodologia proposta, em cada uma das suas etapas, fornece uma análise da situação atual da organização, como também de suas projeções futuras, baseada nas respostas que provê o analista ou responsável pela manutenção. O conhecimento dinâmico,

também chamado "saber fazer" pode ser modelado por um procedimento geral de resolução no qual cada função ou passo está composto por um conjunto de regras (CHTOUROU *et al.* 2005).

A análise dos resultados obtidos por meio da aplicação das regras, que são definidas com um objetivo, permite sugerir ações a implementar já que toda a análise está baseada no conhecimento que um especialista possui (BALACHANDRA, 2000). À medida que a metodologia seja aplicada, o facilitador poderá ir melhorando ou ajustando as sugestões que vêm do programa, num processo de atualização constante.

Um sistema especialista apoiado em regras é definido como básico e contém informação obtida de um especialista humano e representa essa informação na forma de regras (LIAO, 2005). Nesta aplicação as regras são construídas usando a expressão do Excel™: **SE(teste_lógico;valor_se_verdadeiro;valor_se_falso)**, já que pelas características lógicas desta metodologia isto é suficiente para fornecer o resultado final que se deseja: recomendar uma concepção para a manutenção. Na Fig. 4.2 mostra-se um exemplo de construção de uma regra para a análise das capacidades do equipamento da linha de produção, baseado nos antecedentes fornecidos pelo analista (Fig. 4.5).

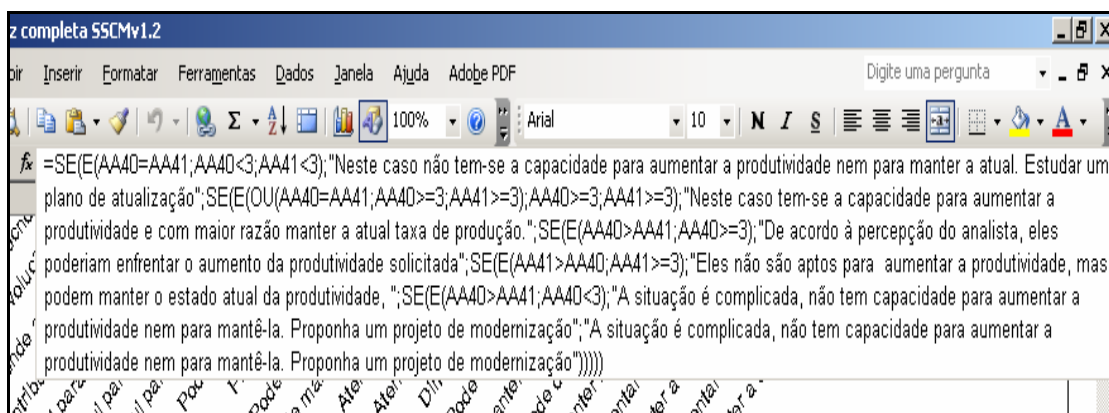


Fig. 4.2 Formatação das regras em no formato Excel para análise do nível de atendimento dos equipamentos de uma linha de produção

A opção pela planilha Excel™ ocorreu pelo fato de ser acessível a todos, é de conhecimento amplo, permite mostrar facilmente o conceito estruturado para sustentar a proposta da tese, permite acompanhar os resultados na forma de gráficos, tabelas e fazer direcionamentos para outros resultados. Também tem a vantagem de que o texto contido nos relatórios é compatível com o processador de texto Word™, o qual permite customizar para cada empresa, o relatório. Apresenta também algumas desvantagens no que se refere a

atualização, interação com outros softwares de programação estruturada. Contudo, a planilha possibilitou arranjar todas as informações requeridas para desenvolver a tese, aplicar, avaliar e validar a concepção presente nesta pesquisa.

4.4 IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A tela apresentada na figura 4.3 identifica a empresa quanto a endereço e categoria, a partir da caracterização definida pela FIESP (2004). A caracterização é atribuída pela digitação do valor 1 na célula que melhor descreve a empresa em estudo.

1. Identificação e caracterização da empresa		
Identificação da empresa:		
Nome da empresa:	Alimentos Zunim	
Endereço:		
Data do estudo:	01/22/2004	
Nome do facilitador:		
Coordenador:	José Ramirez	
Equipe de trabalho:		
Linha de produção analisada:		
Introduzir o valor 1 nas células verde que melhor descrevam sua empresa		
Caracterização da empresa (fonte: FIESP (2004)):		
Tipo de empresa:		
1	Fabricação de produtos do fumo	
2	Fabricação de bebidas	
3	Fabricação de produtos alimentícios	1
4	Fabricação de produtos têxteis	
5	Confeção de artigos do vestuário e acessórios	
6	Prep. couros e fab. artefs. couro, artigos de viagem	
7	Fabricação de calçados	
8	Fabricação de móveis	
9	Fabricação de produtos de madeira	
10	Edição, impressão e reprodução de gravações	
11	Fabricação de artigos de borracha	
12	Fabricação de artigos de plástico	
13	Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	
14	Extração de minerais metálicos	
15	Extração de minerais não-metálicos	
16	Fabricação de produtos de minerais não - metálicos	
17	Fabricação de produtos químicos	
18	Fab. coque, ref. petróleo, combust. nuclear, alcohol	
19	Metalurgia básica	
20	Fab. prods. metal - exclusive máqs. e equips.	
21	Fabricação de máquinas e equipamentos	
22	Fab. montagem veic. automot, reboques, carrocerias	
23	Fabricação de outros equipamentos de transporte	
24	Fab. máqs. aparelhos materiais elétricos	
Tamanho da empresa:		
	Micro empresa: 1 a 9 funcionários	
	Pequena empresa: 10 a 99 funcionários	
	Média empresa: 100 a 499 funcionários	1
	Grande empresa: 500 e mais funcionários	
Relação colaborador de produção por equipamento no setor analisado:		
	Relação maior que 1	
	Relação igual a 1	1
	Relação menor que 1	
Idade dos equipamentos:		
	Maior que 15 anos	1
	Mais de 5 e menor ou igual a 15	
	Menor que 5 anos	
Grau de automação dos equipamentos:		
	Operação manual (tecnol. simples)	
	Parcialmente automatizado	1
	Totalmente automatizado	
Tipo de manutenção aplicada:		
	Corretiva na maioria (sobre 90%)	1
	Corretiva e preventiva segundo um programa	
	Corretiva, preventiva e sintomática	

Fig. 4.3 Parte da tela de captura de dados para caracterizar a empresa (fonte FIESP, 2004)

São importantes estes antecedentes porque servem para ter referências quando se deseja comparar as formas de gestão entre empresas, como também são dados necessários para que o facilitador tenha um ponto de início na aplicação da metodologia. Com efeito, o facilitador pode conduzir melhor a análise se já tiver um conhecimento da realidade diante do modelo proposto para a aplicação da metodologia.

Para cada fonte de entrada, tem-se um relatório de saída, como o apresentado na Figura 4.4. Este está dividido em duas partes: a primeira sintetiza as características da empresa e na segunda parte apresenta uma análise destas características, além de recomendações e críticas aos antecedentes introduzidos, e se for o caso também aponta

algumas incoerências. Este funciona como um primeiro filtro cujo objetivo é ter dados que sejam compatíveis com o restante que será introduzido na medida em que se desenvolve o estudo (ver anexo A2.2). Traz também as observações dos analistas, revelando particularidades que julgarem necessárias para a implementação da metodologia de seleção da concepção de gestão da manutenção.

1. Relatório de identificação e caracterização da empresa	
Tipo de empresa:	Empresa de alimentos e vestuário
Atividade principal:	Fabricação de produtos alimentícios
Tamanho da empresa:	Média empresa: 100 a 499 funcionários
Idade dos equipamentos:	Maior que 15 anos
Relação colaborador de produção por equipamento:	Relação igual a 1: linha de produção com equilíbrio entre o número de operários e da máquinas
Grau de automação dos equipamentos:	Parcialmente automatizado
Tipo de manutenção aplicada:	Corretiva na maioria (sobre 90%)
Para definir o tipo de manutenção preventiva:	A critério do responsável pela manutenção
Caracterização relação produto/operação da empresa:	Produto padronizado e operação Repetitivo em lotes
Percepção global da identificação e caracterização	
1.-	A situação atual para a manutenção é altamente perigosa para o desempenho do equipamento, especialmente pelo tamanho do parque de equipamentos e pela forma de definir as ações de manutenção. Recomenda-se seguir para o passo seguinte da análise
2.-	
3.-	
4.-	
5.-	
Observações do analista:	
Conforme com os antecedentes entregues pelo encarregado, na mesma linha de produção existem equipamentos totalmente automatizados e linhas de montagem com alto número de operários. Recomenda-se dividir o estudo para cada grupo de equipamentos.	
Dados fornecidos por:	Data: 01/03/2004

Fig. 4.4 Relatório para os antecedentes da organização

4.5 NÍVEL DE ATENDIMENTO DOS REQUISITOS PELOS EQUIPAMENTOS PRODUTIVOS, MANUTENÇÃO, PRODUÇÃO E PELA LOGÍSTICA

A tela de avaliação do nível de atendimento dos equipamentos, Fig. 4.5, permite relacionar recursos técnicos (equipamentos) e recursos humanos (serviços) com os requisitos relativos a: evolução do produto no mercado, resultados econômicos, etc, presentes na Fig. 4.5. A ponderação segue o seguinte critério:

- 4: Atendimento excelente: O equipamento pode responder aos requisitos sem introduzir modificações tecnológicas ou de arquitetura.
- 3: Atendimento bom: O equipamento pode responder bem aos requisitos de boa forma, só é necessário realizar adequações pequenas que não comprometem a capacidade de produção.

- 2: Atendimento com dificuldade: Para alcançar os requisitos é necessário realizar um investimento no equipamento para adquirir a tecnologia adequada para fabricar o novo produto.
- 1: Não atende os requisitos: O equipamento está obsoleto ou para realizar as modificações necessárias tem-se custo muito alto, o que torna inviável o projeto.

Para os serviços que estão relacionados com o funcionamento dos equipamentos, como a manutenção, operação, logística e administração, a valoração se refere à capacidade de atendimento. Ou seja, se os equipamentos têm a capacidade de atender os requisitos necessários, mesmo diante de modificações nas condições do entorno. No caso de manutenção, se esta função pode implementar as novas tecnologias e as manter operando. Assim para operações, se o pessoal está capacitado para integrar as mudanças tecnológicas; para o abastecimento, se pode adquirir a tecnologia e sustentá-la com um fluxo contínuo de peças e finalmente, para a administração, se possui a rapidez suficiente para não paralizar o ritmo de aquisição da tecnologia e das peças.

2. Nível de atendimento aos requisitos pelos equipamentos produtivos, pela manutenção, produção e logística
[Voltar](#)

Introduzir o grau de atendimento dos requisitos.
Escala de valoração:
4 : Atendimento excelente
3 : Atendimento bom
2 : Atendimento com dificuldade
1 : Não atende

esta função pode implementar as novas tecnologias e as manter operando?

Recursos Requisitos	Equipamentos													Serviços																				
	laminadora v115	polidora A33	torno horizontal	máquina 4	máquina 5	máquina 6	máquina 7	máquina 8	máquina 9	máquina 10	máquina 11	máquina 12	máquina 13	Capacidade manutenção	Capacidade operacional	Capacidade abastecimento	Capacidade administrativa																	
Evolução do produto no mercado	Tem condições de processar e integrar novas tecnologias no produto																																	
Atende a evolução tecnológica?																		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Atende a evolução estrutural?																		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Atende a evolução operativa?	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3																	
Resultados econômicos esperados																																		
Contribui para a redução de custos?	2	3	4	2	3	4	3	3	3	3	2	2	2	3	3	3	3																	
Contribui para o aumento do faturamento?	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3																	
Contribui para o retorno do investimento?	2	3	2	4	3	2	3	4	4	3	2	1	2	3	4	4	4																	
Contribui para a relação custo/benefício?	3	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3																	
Produtividade dos equipamentos																																		
Podem aumentar a produtividade?	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	3																	
Podem manter a produtividade?	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4	3																	
Qualidade da produção																																		
Podem diminuir a taxa de rejeição?	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	3	2																	
Podem manter a qualidade do produto?	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	2																	
Fluxos de massa e energia																																		

Fig. 4.5 Parte da tela com dados para avaliar o nível de atendimento dos requisitos

Como saída desta análise, tem-se o relatório da Fig. 4.6 onde apresenta-se os antecedentes para que o administrador tome sua primeira decisão: o nível de atendimento é o adequado para enfrentar os desafios da empresa? É importante esta decisão por que os objetivos da função manutenção devem ser congruentes com os objetivos do negócio da empresa. Os resultados em percentual são expressos em função da ponderação 3 ou superior para o atendimento em cada condição avaliada. São apresentadas também observações, do próprio sistema especialista, baseada no conhecimento que está armazenado na sua base de dados.

Os resultados baseados nos antecedentes são também formatados em gráficos de barras, quer seja para os equipamentos (Figura 4.7) ou para os requisitos expressos na forma de perguntas (Figura 4.8). Esta forma de apresentação é bastante conveniente para tomada de decisão nas reuniões, devido a fácil visualização de todos os aspectos avaliados.



Fig. 4.6 Relatório para o nível de atendimento dos equipamentos analisados

Neste ponto da aplicação da metodologia, o analista já tem uma visão mais aprofundada das capacidades de seus recursos, já que teve a necessidade de compatibilizar a informação atual com uma prospecção de futuro, ou seja, o que a empresa espera obter de seus recursos tanto físicos quanto humanos.

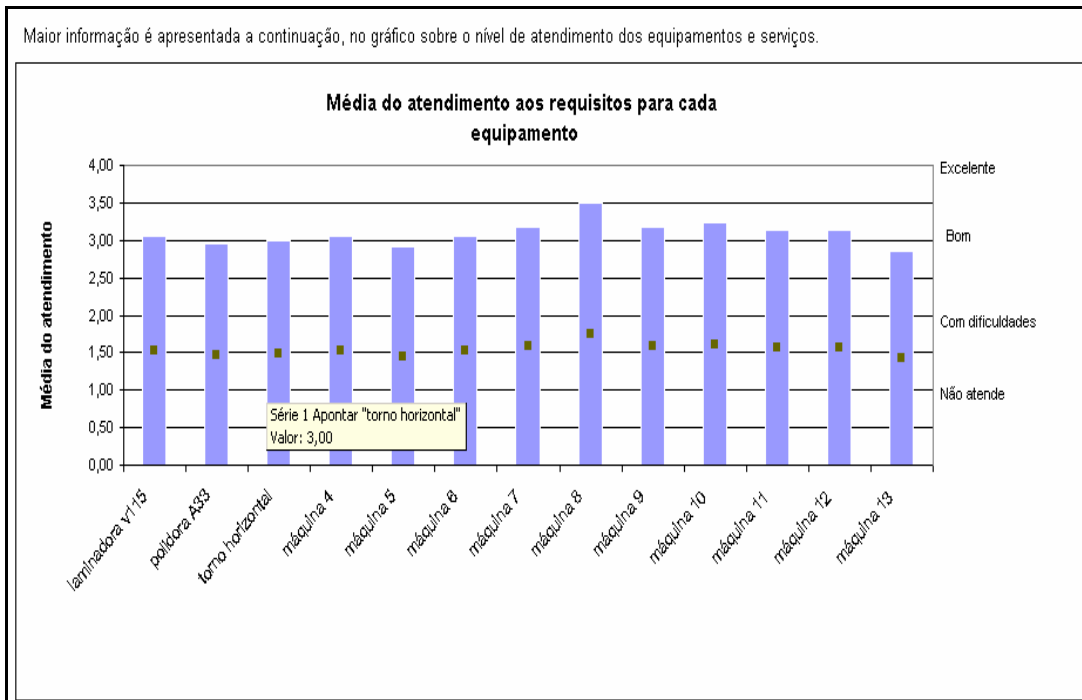


Fig. 4.7 Gráfico da média do atendimento aos requisitos dos equipamentos

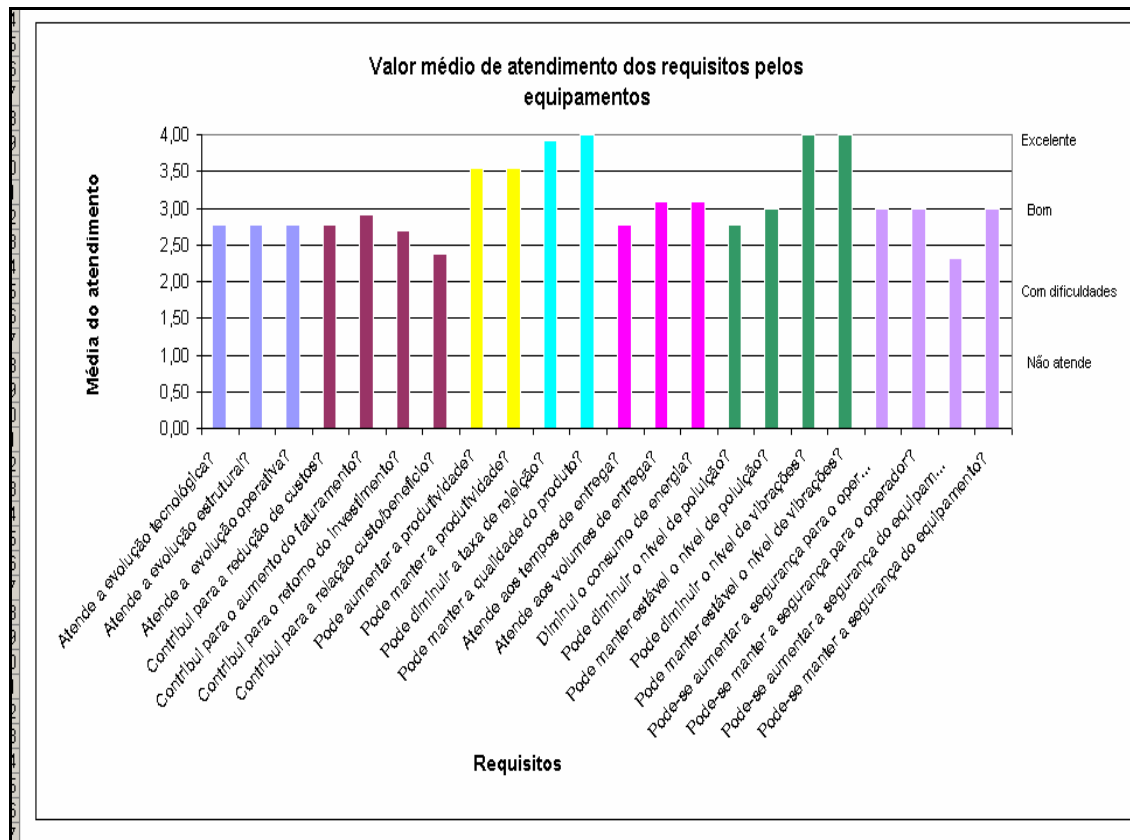


Fig. 4.8 Gráfico da média do atendimento aos requisitos

4.6 ANÁLISE DETALHADA DA GESTÃO ATUAL DA FUNÇÃO MANUTENÇÃO

O passo três do processo refere-se à análise da gestão da manutenção existente na organização (Figura 4.9). É sabido que gestão de manutenção é um conjunto de atividades administrativas que são determinadas por objetivos e prioridades, estratégias, responsabilidades e pela implementação de atividades tais como o planejamento e programação das tarefas de manutenção, controle e supervisão das tarefas e melhoramento de métodos incluindo o aspecto econômico na organização (MARQUEZ e GUPTA, 2005). Deve também ser considerado como fator de sucesso o efetivo processamento da informação (MADU, 2000), para facilitar no relacionamento com seu ambiente interno (outros departamentos na empresa) e o externo (fornecedores, regulamentação e empresas similares) (EMBLEMSVAG e TONNING, 2003).

Para esta análise da gestão da manutenção, se relacionou as funções administrativas com as áreas de atuação da manutenção, a partir da seguinte ponderação (Fig. 4.9):

3. Análise detalhada da situação atual da função manutenção em relação com o serviço fornecido na empresa						
3.1 Processo de diagnóstico						
Funções administrativas → Áreas de atuação da manutenção ↓		Planejamento	Organização	Análise	Execução	Controle
Aspectos técnicos	Serviços da manutenção	1	2	3	4	2
	Qualidade dos serviços da manutenção	2	3	3	3	3
	Métodos de trabalho da manutenção	2	3	3	2	1
	Recursos da manutenção	2	2	3	2	4
	Materiais da manutenção	2	3	4	3	2
Aspectos humanos	Controle das atividades da manutenção	2	3	4	2	4
	Relações internas da manutenção	2	3	4	3	1
	Relações externas da manutenção	2	2	3	3	2
Aspectos econômicos	Organização da função manutenção	2	2	3	3	2
	Estrutura da manutenção	2	3	3	4	3
	Economia da manutenção	2	3	3	4	4
	Economia da produção	1	4	3	2	1

Escala de valoração para avaliar a função administrativa da manutenção em relação a suas áreas de atuação:

4 : Definida ou especificada totalmente
 3 : Definida ou especificada em alta percentagem
 2 : Definida ou especificada com deficiências
 1 : Sem definição ou especificação

Introduzir o grau de atendimento dos requisitos nas células verdes.

Fig. 4.9 Tela para a entrada de dados para a análise da gestão da manutenção

- 4- Definida ou especificada totalmente: As ações administrativas de planejamento, organização, análise, condução e controle para cada um dos aspectos técnicos, humanos e econômicos estão muito bem definidas ou especificadas. Conhecem-se

procedimentos, o responsável, a informação e está assegurada a disponibilidade de recursos.

- 3- Definida ou especificada em alta percentagem: As ações administrativas estão devidamente consolidadas e somente ficam pendentes alguns ajustes. Em geral não se espera grandes surpresas na administração.
- 2- Definida ou especificada com deficiências: As ações administrativas implementadas não são suficientes para assegurar continuidade na gestão. O administrador e sua equipe consomem muito tempo na solução dos imprevistos.
- 1- Sem definição ou especificação: A forma de acionar está condicionada por experiência do responsável e é praticada a improvisação administrativa. Não há procedimentos, responsáveis definidos e os recursos são insuficientes quanto á qualidade ou quantidade.

A Fig. 4.10 apresenta os resultados, onde amplifica a análise num Pareto em três dimensões: funções administrativas; nível de definição e área de atuação. Na Fig. 4.11 o resultado é detalhado na forma de análise e explicitação de um resumo gerencial, importante para orientar as decisões. A análise tem como base um valor médio e é realizada para cada função administrativa, com relação ao nível da gestão, para cada aspecto considerado como importante para a realização da função manutenção (ver anexo A3.2). Obtém-se, além disto, uma avaliação e apreciação global da eficiência. Complementa-se a análise com a identificação daqueles aspectos que estão com deficiência em sua gestão.

Esta análise é tão importante quanto à realizada no passo anterior, que considerou a capacidade dos equipamentos para atender a produção. Esta análise é a base fundamental de uma gestão com sucesso, dado a chance na implementação da inovação da gestão, de conhecer em detalhe a infra-estrutura física, os recursos humanos e o nível de ordenamento administrativo.

Evidentemente, a decisão de continuar com a aplicação da metodologia fica ao encargo do administrador. Ele decide se a avaliação da gestão da manutenção reflete o estado atual e se esta condição é aceitável e administrável. Pode haver a consideração, no caso em que a avaliação fornece um resultado muito próximo ao valor 3, de que se podem realizar os ajustes necessários enquanto se está implementando a nova concepção para a manutenção. Neste caso, é recomendável continuar com a aplicação da metodologia e com a implementação da inovação. Para valores abaixo do nível 3, deve-se seguir com a

análise, mas não é aconselhável seguir com a implementação imediata da inovação. É mais interessante processar alguns ajustes, já neste nível de conhecimento.

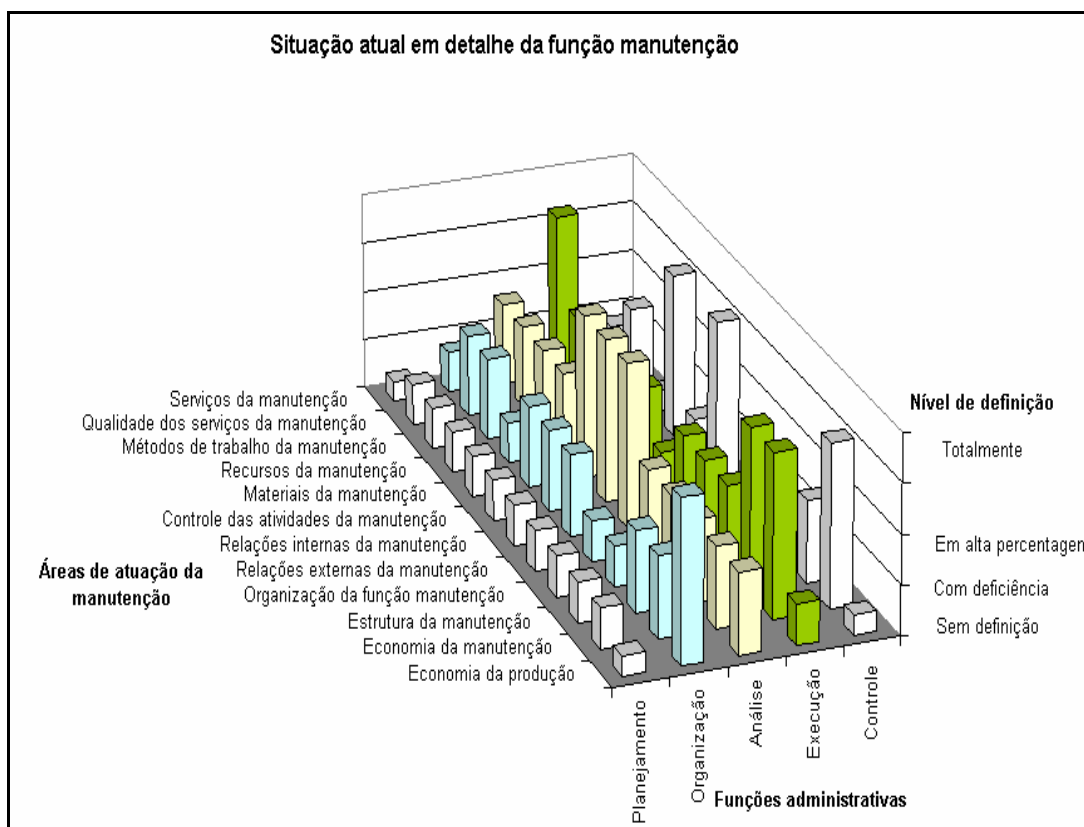


Fig. 4.10 Resultados dos parâmetros avaliados na gestão da manutenção existente

No item 3.2 da figura 4.11, tem-se um relato da condição da função manutenção para cada uma das funções analisadas. Este resultado é fruto da confrontação das informações fornecidas com o conhecimento que está presente no SSCM, advindo da literatura e da experiência dos pesquisadores. No item 3.3 da Figura 4.11, a avaliação é valorada a partir da ponderação inicial: no caso é crítico o planejamento (1,83) e já existem na manutenção presentes bons métodos para análise (3,25). Isto indica que se têm estruturas para analisar, mas falta gestão para implementar.

4.7 ANÁLISE DA MATURIDADE DA ORGANIZAÇÃO

Nos dois itens anteriores se analisou o nível de adequação dos equipamentos para a produção requerida e a capacidade de gestão da função manutenção. Tem-se, então as

bases para analisar o estado da maturidade da organização para enfrentar o processo de inovação. A análise da maturidade engloba trabalhar com os passos de 4 a 9 da figura 4.1.

Este tópico é de alta relevância e aqui o fator humano é chave para o desenvolvimento de aplicações inovadoras. Tem influência o grau prévio de preparação e conhecimento sobre a inovação a implementar como também, a capacidade de transmitir o conhecimento (NETO, 2004). A transição do "estado de evolução" a um "estado de revolução" requer conhecer em profundidade aspectos chave como a natureza do contexto externo da empresa e as variáveis organizacionais tais como: visão organizacional, paradigmas conhecidos de mudança, alinhamento estratégico, cultura organizacional, modos usados para a mudança, liderança dominante, estilos de administração, aprendizagem organizacional e as metas e resultados esperados (HILL e COLLINS, 2000).

3.2 Relatório da análise preliminar dos resultados para a situação atual da função manutenção		
1.- Função administrativa planejamento:	O planejamento feito para o aspecto técnico pode ser considerado como um planejamento ruim ou bem não existe. Para o aspecto humano a situação é considerada como deficientes em alguns aspectos e pode ser melhorada, e finalmente no aspecto econômico não existiu uma efetiva cooperação ao valor do produto.	
2.- Função administrativa organização:	A estrutura de cargo definida para o aspecto técnico pode ser considerado como o realizado tem deficiências que devem ser eliminadas. Em relação ao aspecto humano a situação é considerada com uma organização deficiente em alguns aspectos e pode ser melhorada, e finalmente no aspecto econômico a organização conseguiu obter uma contribuição ao produto.	
3.- Função administrativa análise:	A informação para o apoio da gestão no aspecto técnico pode ser considerado como bem focalizada para a definição dos requisitos da execução. Em relação ao aspecto humano a situação é considerada bem orientada para manter a cooperação com o resto da empresa e finalmente no aspecto econômico a análise conseguiu obter uma contribuição ao produto.	
4.- Função administrativa execução:	A execução da função manutenção no aspecto técnico pode ser considerado como as definições de cargos, responsabilidades e pessoal devem ser melhoradas. No relativo ao aspecto humano a situação é considerada bem orientada para manter a cooperação dos profissionais envolvidos e finalmente no aspecto econômico a condução conseguiu obter uma contribuição ao produto.	
5.- Função administrativa controle:	O controle da função manutenção no aspecto técnico pode ser considerado como as definições dos indicadores devem ser analisados novamente. No relativo ao aspecto humano a situação é considerada que o uso dos indicadores não contribuiu ao desempenho e finalmente no aspecto econômico o controle poderia haver sido feito melhor e mais eficiente.	
<p>A função manutenção, para a situação atual, globalmente foi avaliada com valor: 2,6, ou seja, a sua gestão não atende com eficiência os requisitos gerando rumos errado na administração.</p>		
3.3 Resumo da análise detalhada da situação atual da função manutenção		
Para cada função administrativa o resultado é:		
	Valor	Condição
Planejamento:	1,83	É desempenhado em forma ruim, sem um enfoque coerente com a situação atual
Organização:	2,75	Não atende com eficiência os requisitos ou tem enfoque errado
Análise:	3,25	Bem enfocada e eficiente para a gestão atual
Execução:	2,92	Não atende com eficiência os requisitos ou tem enfoque errado
Controle:	2,42	Não atende com eficiência os requisitos ou tem enfoque errado

Fig. 4.11 Relatório da avaliação da gestão da manutenção

Seguindo sugestões de CLARKE e GARSIDE (1997) para análise de maturidade, foi incluído na metodologia cinco aspectos: compromisso, cultural, comunicação, gestão

dos conflitos, ferramentas e metodologias, os quais serão avaliados com base nos conceitos definidos no item 3.4.4. A seguir, será dado destaque para a análise da maturidade da organização em relação ao aspecto de compromisso e, como ele atua nas mudanças na função manutenção. Apresenta-se também o resumo da avaliação completa da maturidade da organização.

O passo 4 da metodologia (Figura 4.1) corresponde ao primeiro passo para análise da maturidade, como está apresetado na Figura 4.12. As perguntas realizadas ao administrador, por meio da tela mostrada na Fig. 4.12, são posteriormente agrupadas na forma de diagrama radar (Fig. 4.13), para melhor evidenciar o estado atual em relação ao campo de possibilidades para o maior grau de maturidade.

4. Avaliar o grau de apoio contínuo da organização para inovação da manutenção

4.1 Processo de diagnóstico

Introduzir o valor 1 nas células verde que melhor descrevam sua situação atual

Escala de avaliação do nível de maturidade

	(4) Excelente ou sempre	(3) Normal ou bom	(2) Com dificuldade ou difícil	(1) Sem interesse ou negativa
--	-------------------------------	-------------------------	---	--

Ter apoio contínuo no desenvolvimento do projeto de manutenção

P1.1: Os colaboradores da função manutenção tem a possibilidade de assistir as reuniões gerenciais, expor os objetivos dos projetos de inovação e receber sugestões?		1		
P1.2: A função de manutenção elabora relatórios completos de seus projetos empreendidos ao interior da organização com relação aos aportes fornecidos?			1	
P1.3: Recebe-se da gerência e de outros departamentos comentários e aportes para o projeto de inovação da manutenção?			1	
P1.4: Quando se chama a uma reunião considerada importante para a análise dos avanços de um projeto, sempre se tem a cooperação dos outros setores da organização?			1	
P1.5: Quando se constitui uma equipe de trabalho para um projeto, a assistência dos profissionais chamados a participar é sempre continua?		1		
P1.6: Cada participante do projeto de inovação é informado e se valoriza a importância da sua participação?		1		
P1.7: Incentiva-se aos membros da equipe de projeto e se dá reconhecimento constante para assim trazer melhoramentos para o projeto de inovação?		1		
P1.8: Nos projetos de inovação elaborados por manutenção, identificam-se bem as áreas críticas e se faz análise econômica do projeto?			1	
P1.9: Nos projetos de inovação elaborados por manutenção, identificam-se bem os benefícios e ganhos que obteriam outras áreas da organização?		1		
P1.10: É divulgada de maneira formalizada (murais, jornais) os aportes das pessoas ao projeto e o avanço da inovação?		1		
P1.11: A alta administração da organização vê a manutenção como um diferencial competitivo para a empresa?			1	
P1.12: Existe na organização a estrutura para criar um banco de dados com projetos que integram diferentes áreas da empresa?			1	
P1.13: Tem-se na organização procedimentos, critérios e informação para priorizar os		1		

Fig. 4.12 Parte da tela para introduzir dados para a avaliação da maturidade

Pode ocorrer que o valor médio oculte algum aspecto pontual negativo importante. Para fugir desta possibilidade, apresenta-se na Fig. 4.16, a pontuação atribuída por

pergunta, além de reunir as perguntas por grupos, acompanhada de uma avaliação quantitativa. Isto é feito para que todos os resultados sejam destacados: positivos, negativos, possibilidades de sucesso, necessidades de investimentos, etc Se a avaliação for negativa, são dadas orientações de possíveis ações que poderiam se implementadas para minimizar o efeito não desejado.

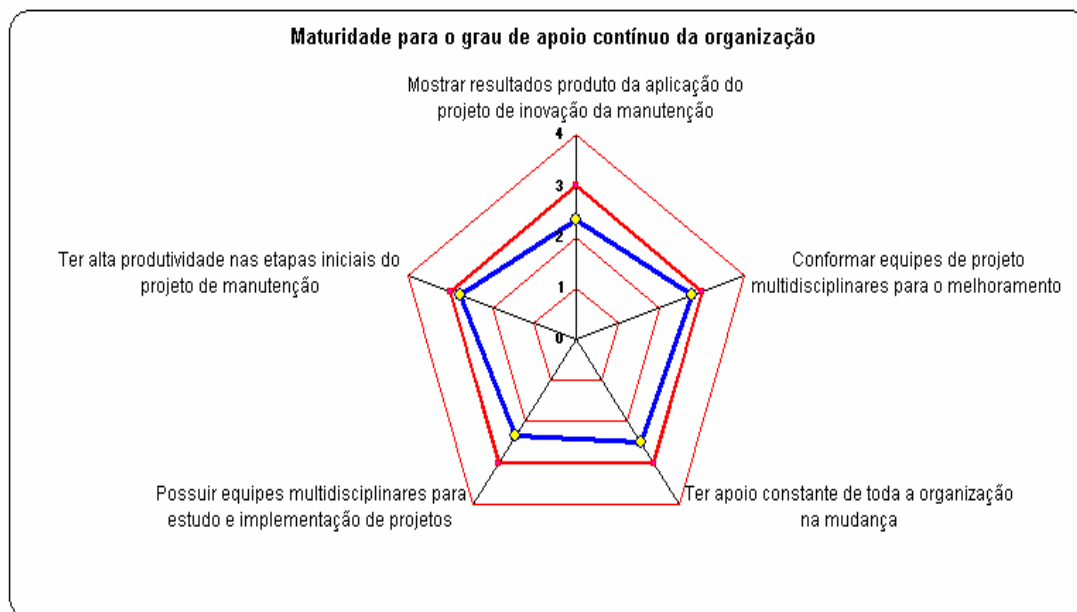


Fig. 4.13 Quadro com os conceitos para o aspecto do apoio contínuo

O relatório que acompanha a análise de maturidade é constituído de três partes, em destaque nas Fig. 4.14 e 4.15. A primeira parte (Fig. 4.14) enfoca os aspectos mais globais considerados na análise e se referem ao tipo de apoio que se terá durante a implementação da inovação e ao apoio posterior para sustentar e ampliar a aplicação da concepção de manutenção.

A segunda parte do relatório refere-se ao processo de análises específicos para os aspectos da maturidade “ter apoio contínuo no desenvolvimento” e “para ter apoio na implementação e elaboração de projetos”. Por exemplo os valores obtidos na Figura 4.14, estão próximo de 2,5 o que na escala ponderada indica estar entre “dificuldade e difícil e normal ou bom” (Fig.4.12). Tem a função de explicar o porquê do nível dos conceitos globais e desta forma conhecer as causas do nível de maturidade atual, para melhor identificar as ferramentas que auxiliam na evolução do nível de maturidade.

Para a análise relacionada com o apoio contínuo da organização na implementação de projetos, em especial da manutenção, podem-se observar as seguintes características:

Aspectos globais		Nível
Ter apoio contínuo no desenvolvimento do projeto de manutenção :		2,5
Ter apoio inconstante por parte da gerência ou das áreas onde o projeto tem influência, ou seja, o projeto tem um seguimento complicado		
Ter apoio na implementação e elaboração do projeto :		2,5
Ter apoio inconstante ou difícil por parte da gerência, ou seja para que o projeto seja com sucesso deve ter uma preocupação extra do líder		
Aspectos específicos		
Ter apoio contínuo no desenvolvimento do projeto de manutenção		Nível
Mostrar resultados obtidos pelo desenvolvimento de projetos:		2,3
O resultado é conhecido só a nível de departamentos e os níveis superiores não têm conhecimento de todos os benefícios do projeto		
Conformar equipes para o melhoramento dos projetos:		2,8
As equipes de trabalho são formados normalmente mas em geral não chegam todos os convocados e a probabilidade de ausências ou rotação é alta		
Ter apoio constante de toda a organização na mudança:		2,5
O apoio é normal e se precisar de apoio este é fornecido mas não na hora. A atenção da gerência está voltada aos projetos mais rentáveis		
Aspectos específicos		
Ter apoio na implementação e elaboração do projeto		Nível
A conformação de equipes para implementação de projeto:		2,3
As equipes de trabalho são formados normalmente mas em geral não chegam todos os convocados e a probabilidade de ausências ou rotação é alta.		
A produtividade do nas etapas iniciais do projeto:		2,8
O projeto pode ter aspectos que não serão bem desenvolvidos e pode ter uma probabilidade alta de dar problemas na sua implementação		

Fig. 4.14 Relatório para a análise de maturidade referida ao apoio da organização

A terceira parte fornece uma análise dos aspectos pontuais, que são complementares, relacionando os que deveriam ser compatíveis (Fig. 4.15). Esta informação é útil para detectar desequilíbrios que podem afetar a implementação da inovação. Por exemplo, a relação que existe entre o interesse em participar de projetos para inovação, por parte de profissionais de outras áreas e o apoio que outorgam os dirigentes dessas áreas. Se o superior não apoiar ou não concorda com o projeto, o profissional subordinado certamente não contribuirá de forma eficiente para o projeto.

O resultado final da análise da maturidade se obtém mediante a média ponderada dos cinco fatores considerados na análise (ver anexo A5.1). O administrador define as ponderações de cada fator para que se reflita a sua importância em relação ao futuro da aplicação da concepção da manutenção. Assim, se o administrador estima que os conflitos não são relevantes durante o processo de implementação, porque existem recursos suficientes para todos os projetos e os integrantes de outras equipes de projeto ou áreas da empresa não vão ser afetados pela implementação do projeto de inovação, atribui-se a este aspecto um valor baixo. Assim, ele vai perder importância na avaliação final (Fig. 4.17).

Aspectos complementares	
Para as relações específicas que estão a continuação, tem-se a seguinte avaliação:	
1	A elaboração e execução dos projetos de forma profissional e o entendimento da alta administração para priorizar os projetos estão bem correlacionados de forma positiva
2	Ter facilidades internas que permitem participar em grupos de estudo de projetos e o apoio de outros líderes quando os projetos são convergentes estão bem correlacionados de forma positiva
3	Ter a possibilidade de assistir a reuniões e expor os objetivos do projeto e receber comentários sobre o projeto estão bem correlacionados de forma positiva
4	Fazer citação a reuniões consideradas importantes e a conformação de equipes de trabalho com profissionais idôneos estão correlacionados de forma positiva
5	Incentivar aos membros da equipe de trabalho para trazer melhoramentos e ter um meio eficaz para divulgar os aportes das pessoas estão correlacionados de forma positiva
6	Ter projetos elaborados com a identificação das áreas atingidas e análise econômica e ter o apoio do staff superior estão correlacionados de forma positiva
7	Ter projetos elaborados com a identificação das áreas atingidas e análise econômica e ser visados pela gerência estão correlacionados de forma positiva
8	Ter projetos com a identificação das áreas atingidas e análise econômica e a identificação dos benefícios que outras áreas obteriam estão correlacionados de forma positiva
9	Ter uma resposta positiva dos profissionais e o esforço que a empresa destina para combinar projetos congruentes estão correlacionados de forma positiva
10	Ter projetos visados pela gerência e dispor de recursos desde o momento do inicio do projeto estão correlacionados de forma positiva

Fig. 4.15 Relatório com aspectos complementares para o apoio da organização

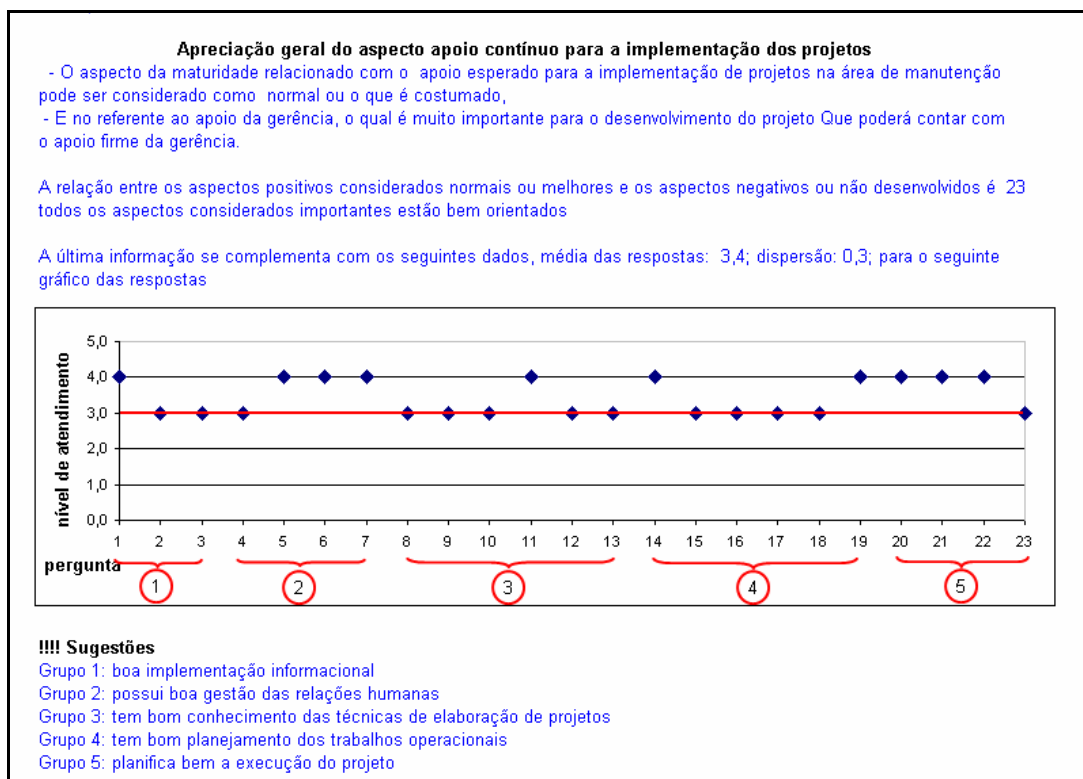


Fig. 4.16 Resultados para a análise do apoio contínuo da organização

Neste ponto da aplicação da metodologia o administrador se pergunta novamente: o nível de maturidade da organização é o adequado para enfrentar o processo de inovação? A resposta deve ser fornecida baseada no conhecimento e da experiência que o administrador tem sobre seu entorno. Pode-se dar o caso que o nível de maturidade está muito próximo

ao que o administrador considera como o recomendado ou esperado para a aplicação da inovação na gestão da manutenção, de ser assim, pode por em prática em paralelo as melhorias sugeridas na sistemática em conjunto com a implementação da concepção, se o tempo que tem definido para responder aos requisitos da empresa é curto .

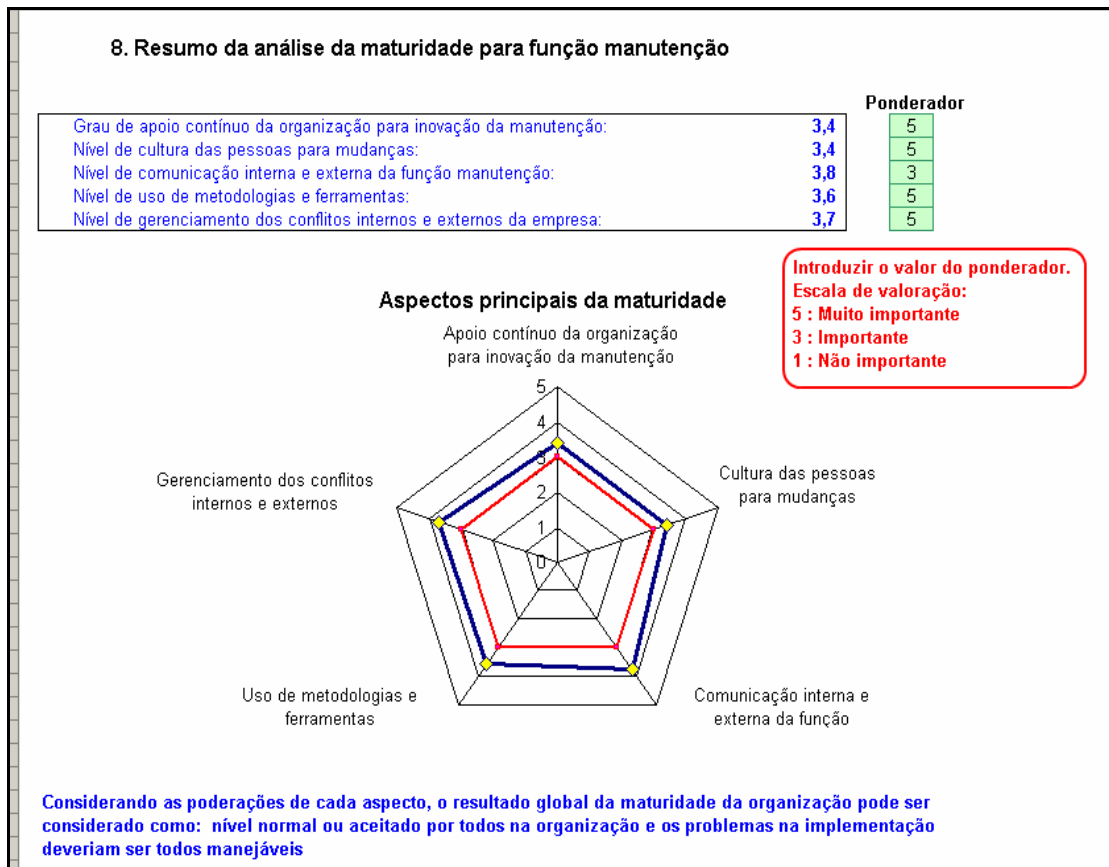


Fig. 4.17 Quadro resumo com todos os conceitos de maturidade da organização

4.8 ANÁLISE DA CRITICIDADE DOS EQUIPAMENTOS E DA FUNÇÃO MANUTENÇÃO

A análise da criticidade dos equipamentos, passo 10 da SSCM na figura 4.1, tem dois objetivos: o primeiro define o porte do projeto para implementação da inovação da manutenção e o segundo estabelece a hierarquia de aplicação da concepção da manutenção para garantir a inovação.

A definição da extensão de aplicação da inovação da concepção é importante porque está relacionada, diretamente com a capacidade e os recursos que a organização dispõe. Se a experiência em projetos inovadores é relativamente recente, não é conveniente

abranger todos os equipamentos simultaneamente já que a probabilidade de fracasso pode aumentar (RENTES, 2000; CHAN *et al.* 2004). As causas que levariam ao fracasso da aplicação estão centradas, basicamente, na falta de conhecimento e na falta da informação necessária para o que se quer inovar. Isto pode levar a repetir o que já se conhece, sem saber o que mudar.

Também é conveniente definir o tamanho da mudança em face da condição econômica. Se os recursos são limitados, é melhor assegurar uma boa implementação no que é prioritário, com melhor repercussão para a produção e para o aprendizado e para seguir em frente com a inovação.

O modelo usado para definir a criticidade do equipamento está baseado em quatro aspectos: velocidade de manifestação da falha, segurança do operador e ambiente, perdas de produção e custos de reparo. Dependendo da natureza da empresa, o administrador tem a facilidade de ponderar cada um destes fatores e, assim refletir melhor suas contingências e prioridades (Fig. 4.18).

9. Análise da criticidade dos equipamentos e da função manutenção

Introduzir a ponderação para cada critério do fator de criticidade do equipamento (a soma deve ser igual a 100)

Fator de velocidade de manifestação da falha	25	soma = 100
Fator de segurança do pessoal e meio ambiente	25	
Fator de custos do paro de produção	25	
Fator de custos de reparação	25	

Introduzir o valor 1 nas células verde que melhor descrevam o nível de criticidade

	Fator de velocidade de manifestação da falha			Fator de segurança do pessoal e meio ambiente					Fator de custos da parada de produção		
	Período P-F			Descrição					Critério		
	Muito curto, não dá tempo para deter o equipamento	Curto, é possível deter o equipamento	Suficiente, é possível programar a intervenção	Sem conseqüências	Efeito temporal sobre pessoas, não afeta o meio ambiente	Efeito temporal sobre as pessoas e meio ambiente	Efeito irreversível sobre as pessoas	Efeito irreversível sobre as pessoas e meio ambiente	Não implica demora na entrega	Implica demora leve na entrega	Implica demora e perda de clientes
laminadora v115	1						1			1	
polidora A33		1					1		1		
torno horizontal	1							1			
máquina 4		1					1			1	
máquina 5			1			1				1	
máquina 6			1			1				1	
máquina 7		1								1	
máquina 8		1				1				1	
máquina 9		1				1				1	
máquina 10			1			1				1	
máquina 11		1				1				1	
máquina 12		1				1				1	
máquina 13		1				1			1		

Fig. 4.18 Parte da tela para introdução de dados para análise da criticidade

A saída da análise, mostrada na Fig. 4.19, é uma lista dos equipamentos com a correspondente condição de criticidade. O critério para definir as criticidades é o seguinte: se o valor do parâmetro de criticidade (calculado segundo uma heurística definida no

programa) é maior ou igual a 87 a máquina é declarada “Crítica”, significa que três dos aspectos contidos na avaliação são de alto impacto e um deles é de mediano impacto, ou todos são de alto impacto. Que seja “Semi-crítico” (valor entre 87 e 50) significa que todos os aspectos são de mediano impacto ou contem só uma condição de alto impacto. Para as restantes condições a classificação é "Não crítico".

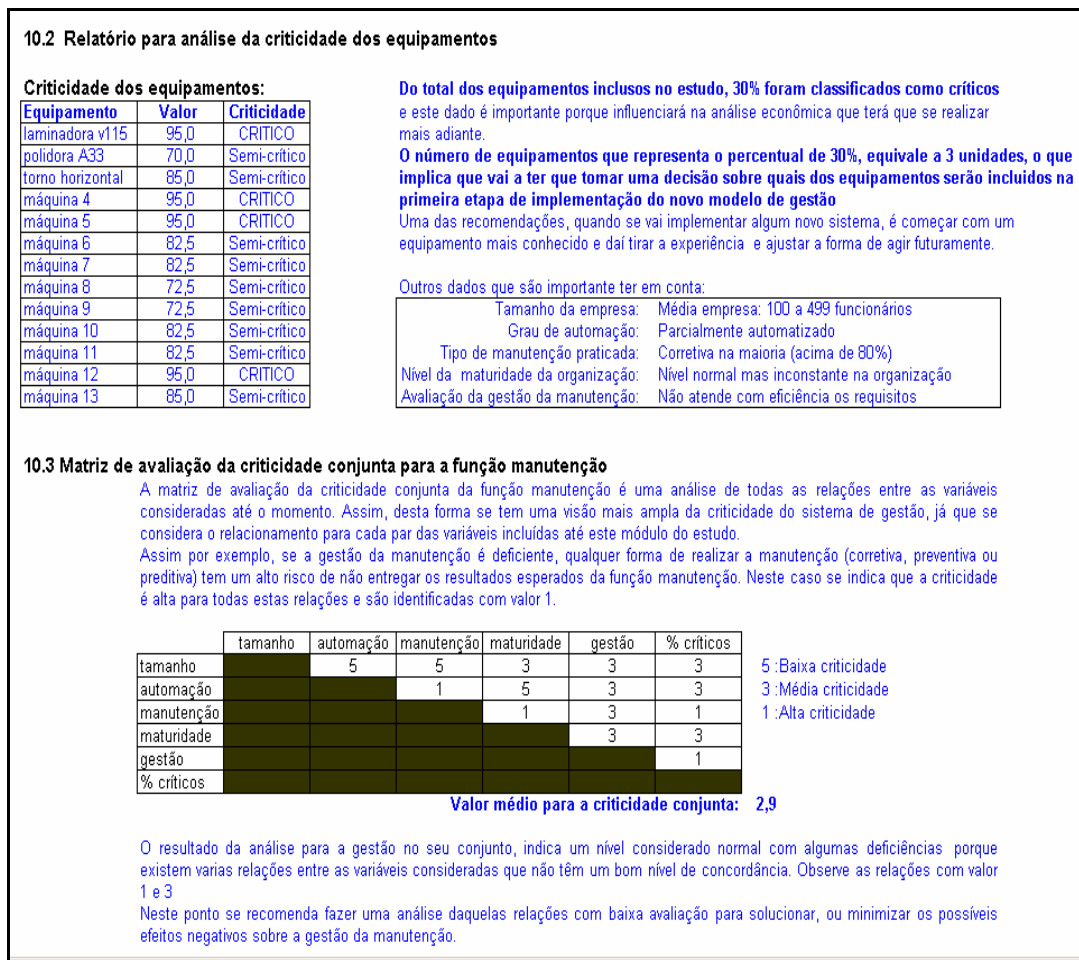


Fig. 4.19 Relatório da análise da criticidade da linha de produção e do sistema de gestão da manutenção

A definição de quais equipamentos que serão selecionados para iniciar a aplicação da nova concepção depende das características tecnológicas, tamanho, localização na linha de produção, requisitos de disponibilidade de recursos físicos, entre outros fatores. Deve-se também levar em conta a disponibilidade de recursos financeiros, cuja quantia será calculada mais adiante e o tempo para a implementação, que é um requisito que impõe a competência no negócio da empresa.

Inclui-se como parte da análise de criticidade a chamada "matriz de avaliação da criticidade conjunta" (Fig. 4.19), a qual relaciona, aos pares, distintas variáveis que foram incluídas nos passos anteriores da metodologia. Esta matriz tem a finalidade de analisar a relação de condicionalidade entre as variáveis, ou seja, se a condição de uma delas é compatível com a condição de outra a que esteja relacionada. Com este processo se finaliza-se a análise das condições necessárias para a inovação do sistema de gestão da manutenção.

Por exemplo, se relacionam variáveis do tipo de manutenção com o nível de automatização. Ao se declarar que a automatização é alta e a concepção de manutenção atual é baseada em ações do tipo corretivo e preventivo, tem-se aí um conflito. Diz-se que a condição é crítica porque na organização não há os mínimos conhecimentos sobre instrumentação, análise espectral de dados e modelagem do desgaste dos sistemas produtivos, para um processo de manutenção adequado ao nível de automatização declarado. Assim, uma concepção de manutenção mais apropriada necessita de mais experiência. Da mesma maneira, esta análise é realizada nas demais variáveis, obtendo um índice geral que mede a condição global da criticidade do sistema, e identifica todas aquelas relações entre variáveis que poderiam ser fortalecidas: conflitos e aderências. Neste caso, o valor de 2,9 de criticidade global (Fig. 4.19) sugere cuidados para a implementação do processo de inovação da gestão de manutenção.

Neste caso, cabe ao administrador decidir sobre: quantos equipamentos serão incluídos na aplicação da nova concepção da manutenção? Esta decisão deverá ser referendada com a avaliação econômica nos passos seguintes da metodologia.

A outra decisão é definir se atende às sugestões indicadas na matriz de criticidade conjunta e em que momento se realizará as mudanças necessárias para eliminar os desequilíbrios identificados na gestão.

4.9 DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DE SELEÇÃO DA CONCEPÇÃO DE MANUTENÇÃO

Nesta parte da metodologia é feito um tratamento para adequar os elementos da situação atual da gestão de manutenção com o que será implementado para uma nova concepção de manutenção, o que corresponde ao passo 11 da figura 4.1. Aproveitam-se os antecedentes sobre a tecnologia e conhecimentos que se tem em conjunto com as informações das características do sistema produtivo atual e se comparam com as metas

que se desejam alcançar e são especificadas mediante a tela apresentada na Fig. 4.20. É uma análise para compatibilizar o estado atual com a meta declarada.

Seja o seguinte caso: para um sistema atual com tecnologia simples, redundâncias e estoques altos (veja a primeira coluna da Fig. 4.20) e, cujos dados já foram introduzidos mediante a tela mostrada na Fig. 4.3, se o administrador declarar que deseja ter um sistema com muito alta confiabilidade e manutenibilidade (veja a terceira coluna da Fig. 4.20), a sistemática dá uma alerta indicando que é inconveniente requerer de imediato um sistema de manutenção com essas características, já que não se possui o "*know how*" necessário para implementar o sistema num tempo razoável. É melhor que o primeiro passo requeira um sistema com uma confiabilidade mais alta do que a atual, que melhore os métodos de trabalho, disponha de sistemas mais eficientes de administração e capacite seus colaboradores em técnicas apropriadas às condições estabelecidas. No entanto a decisão sobre o nível da inovação está nas mãos do administrador.

Conforme as metas declaradas pelo administrador na tela de captura de dados (Fig. 4.20), o sistema computacional indica para ele quais deveriam ser as condições mínimas que devem ser contempladas para uma gestão efetiva da manutenção (Fig. 4.21). Estas características se referem ao sistema administrativo recomendado, ao nível de conhecimentos que deve ter a sua disposição, e por último, ao tipo de manutenção recomendada para o nível de tecnologia e disponibilidade do equipamento que se persegue.

Como já comentado a função manutenção tem um objetivo, que deve ser compatível com o objetivo do negócio da empresa. Isto deve orientar a escolha da melhor concepção para planejar as ações de manutenção. A orientação que se fornece nesta etapa da aplicação da metodologia serve para guiar ao responsável da função, sobre os recursos com os quais deverá contar mais adiante, quando chegar o momento de implementar a concepção.

Complementando os antecedentes fornecidos e com apoio nos requisitos a atender, priorizados pelo administrador (veja a segunda coluna da Fig. 4.20), elabora-se um relatório, de forma automática, com as informações com orientações qualitativas onde se indicam métodos, tempos e recursos a empregar, como mostra a Fig. 4.22. Além disso, estes dados são usados para apoiar a seleção de uma concepção de manutenção pela orientação que o administrador quer dar a seu sistema de gestão.

11. Definição dos parâmetros de seleção da concepção de manutenção

11.1 Processo de diagnóstico

Não preencher as células cinzas: São dados já ingressados em perguntas anteriores

◀N/P: Não preencher

Completar com o valor 1 aquelas células de cor verde que representam a situação atual da empresa

Nas células verdes introduzir o valor do peso relativo mais adequado para os requisitos a atender

Completar com o valor 1 aquelas células de cor verde e que representam a situação desejada da empresa

Característica atual do sistema produtivo	Requisitos a atender	Metas declaradas
Tecnologia simples	Atende a evolução tecnológica?	Manter a capacidade de utilização
Redundâncias	Atende a evolução estrutural?	Reduzir os trabalhos de manutenção
Grande estoque de peças	Atende a evolução operativa?	Aumentar a confiabilidade da linha
Baixa complexidade do produto		Melhorar a manutenibilidade
		Manter a segurança e qualidade
		Manter o nível de serviço
Tecnologia semi-automática	Contribui para a redução de custos?	Alta confiabilidade
Algumas redundâncias	Contribui para o aumento do faturamento?	Alto nível de serviço
Nível de estoque moderado	Contribui para o retorno do investimento?	Alta capacidade de utilização
Complexidade média do produto	Contribui para a relação custo/benefício?	Aumento da produtividade
		Alta manutenibilidade
		Aumentar a segurança e qualidade
Tecnologia automatizada	Pode aumentar a produtividade?	Alto tempo de funcionamento
Baixas redundâncias	Pode manter a produtividade?	Baixa manutenção não programada
Alto estoque de componentes	Pode diminuir a taxa de rejeição?	Alta segurança e qualidade
Complexidade média a alta do produto	Pode manter a qualidade do produto?	Muito alto nível de serviço
		Muito alta manutenibilidade
Tecnologia avançada	Atende aos tempos de entrega?	Muito alta disponibilidade do equip.
Muito baixas redundâncias	Atende aos volumes de entrega?	Muito alta confiabilidade da produção
Sistemas complexos	Diminui o consumo de energia?	
Alto investimento de capital		
Processamento contínuo	Pode diminuir o nível de poluição?	
	Pode manter estável o nível de poluição?	
	Pode diminuir o nível de vibrações?	

Fig. 4.20 Tela para o ingresso de dados para a seleção da concepção da manutenção

Nesta etapa da metodologia, já se tem um panorama mais claro sobre o estado atual da gestão da manutenção e tem-se avaliados os aspectos relevantes: gestão dos recursos, estado tecnológico dos equipamentos, capacidade operativa dos integrantes da organização para a manutenção, definição de metas e objetivos, participação e apoio interno e externo na gestão e disponibilidade de informação. Soma-se, ao anterior a meta que deve atingir a função manutenção e o conhecimento de vários outros aspectos que se poderia implementar para conseguir o dito objetivo, tais como: qualidade da informação, tipos de ações de manutenção recomendadas de acordo com as metas declaradas e requisitos a atender, conhecimentos e capacidades requeridas para seus colaboradores, criticidade de cada equipamento da linha de produção e tecnologia necessária para responder à evolução do produto da empresa. Com estas informações o administrador já tem uma visão

suficientemente ampla para selecionar uma ou várias concepções para a manutenção, que é o passo seguinte na aplicação deste módulo.

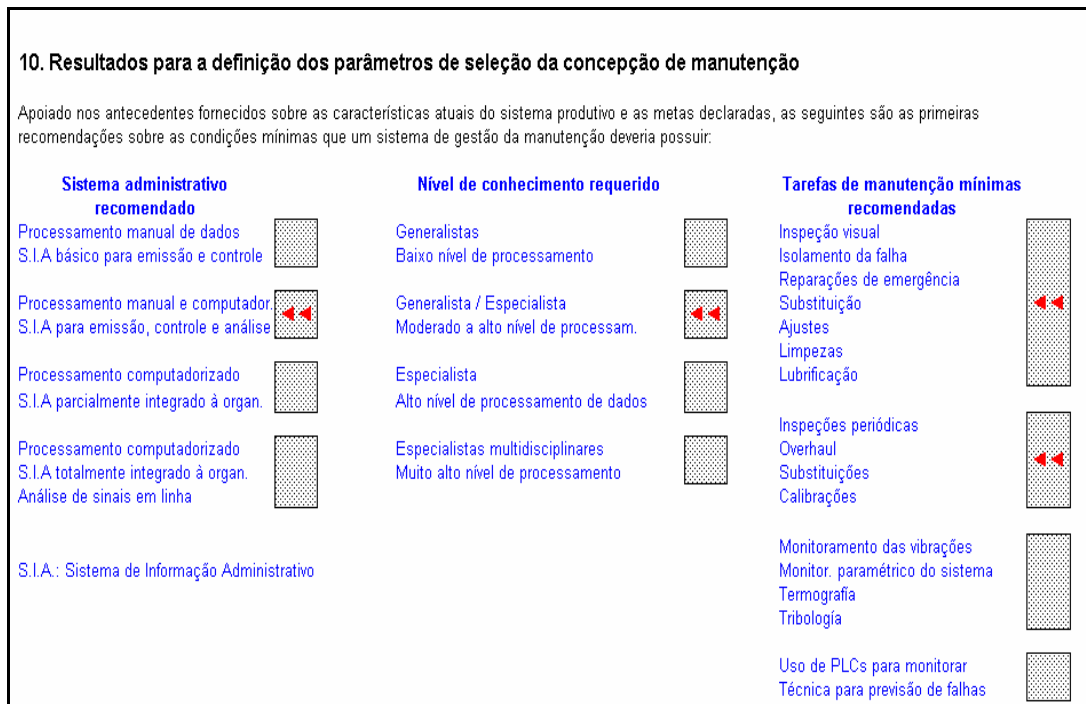


Fig. 4.21 Recomendações para a gestão da manutenção conforme as metas declaradas

Na segunda parte do processo de seleção da concepção de manutenção se reúne as informações introduzidas até este ponto da análise para serem submetidas a uma análise mais precisa, definida como um "*filtro*" que tem como saída recomendações em relação a cada uma das concepções que pode ser mais eficiente para os requisitos da função manutenção (Fig. 4.23). Esta seleção é resultante dos dados de entrada e da sistemática presente no programa, relacionando as oito concepções avaliadas com os requisitos manifestos pelo facilitador ao longo da análise. Influenciam a forma de produção e tecnologia usada quanto o apoio organizacional, e manejo da informação para cada concepção de manutenção, entre outros aspectos.

O filtro para definir quais das concepções presentes na metodologia são as mais adequadas para a empresa sob estudo está composto de dois blocos. No primeiro bloco constam os cinco parâmetros que estão diretamente relacionados com as condições que a organização para a manutenção tem que possuir no momento de implementar a inovação: grau de apoio organizacional, nível de manejo da informação, trajetória da capacitação e aprendizagem, capacidade tecnológica dos equipamentos e nível de gestão da manutenção.

A análise dos requisitos que deve atender a função manutenção entrega as seguintes apreciações:

Seguir a evolução do produto no mercado não é um requisito importante comparativamente, e a(s) característica(s) que têm destaque são: nenhuma

Atingir aos resultados econômicos esperados é um requisito importante comparativamente, e a(s) característica(s) que têm destaque são: contribuir à redução de custos, . Para a manutenção este fato significa que deve possuir as informações precisas sobre a evolução orçamentária e de despesas com o fim de introduzir mudanças na sua gestão no caso de ser negativo o balanço

Atender a produtividade dos equipamentos é um requisito importante comparativamente, e a(s) característica(s) que têm destaque são: aumento da produtividade, .Este fato significa que deve possuir as informações sobre a capacidade individual do equipamento e a capacidade da linha em sua totalidade, como assim também a viabilidade de introduzir melhorias, aumentar a disponibilidade e eliminar gargalos

Atender a qualidade da produção é um requisito importante comparativamente, e a(s) característica(s) que têm destaque são: diminuição da taxa de rejeição, .Este fato significa que deve possuir as capacidades para analisar a informação sobre os defeitos que apresenta o produto e relacioná-los com falhas no equipamento e propor alternativas técnicas para evitar a repetição do problema

Atender os fluxos de massa e energia não é um requisito importante comparativamente, e a(s) característica(s) que têm destaque são: nenhuma

O aspecto meio ambiental não é um requisito importante comparativamente, e a(s) característica(s) que têm destaque são: nenhuma

O aspecto da segurança não é um requisito importante comparativamente, e a(s) característica(s) que têm destaque são: nenhuma

Baseado nas características do processo produtivo, a manutenção deve considerar o seguinte aspecto:

O produto fabricado pela empresa é padronizado, e as operações são classificadas como operações repetitivas em lotes.
Para uma empresa com as características mencionadas, a manutenção deve incrementar as seguintes prioridades, como distintivo para o negócio no qual está competindo: qualidade e disponibilidade

Fig. 4.22 Relatório para os requisitos que devem ser priorizados no atendimento

No segundo bloco são caracterizados os parâmetros que descrevem a aplicação de cada concepção e estes se comparam com as metas declaradas pelo administrador. Estão incluídos neste bloco aspectos tais como: forma da produção, tecnologia usada na produção, confiabilidade esperada da linha de produção, os requisitos que se deseja cumprir, relação do número de operários e de máquinas na linha e a idade dos equipamentos.

O filtro tem a possibilidade de ser parametrizado para cada aplicação em particular, conforme o estime o facilitador. O valor dos parâmetros (apoio organizacional, manejo da informação, capacitação, aprendizagem, capacidade tecnológica e gestão da manutenção) podem ser definidos num valor alto, para uma empresa que enfrenta uma concorrência forte e pretende implementar uma concepção que seja duradoura. Por exemplo, na Fig. 4.23, para a concepção da manutenção produtiva total o valor do parâmetro “apoio organizacional” foi definido com valor 4 porque se foi acordado que essa concepção requer de um grande apoio dos colaboradores na sua totalidade. Da avaliação feita na parte referente à maturidade o parâmetro obteve valor 2,5, o qual indica que a organização não

está preparada para usar TPM. Desta forma se pode assegurar uma base de recursos humanos e tecnológicos firme e coerente, com a visão de futuro da organização.

O valor ingressado nas células azuis, pelo facilitador, reflete o nível mínimo que deve alcançar o item em questão, para que se possa implementar a concepção da manutenção selecionada.

O valor ingressado nas células turquesa, pelo facilitador, indica o requisito para o qual a concepção da manutenção está mais enfocada ou acompanha melhor a gestão da manutenção.

Requisitos Concepções	Apoio organizacional 4: Excelente 3: Normal ou esperado 2: Normal mas inconstante 1: Distante ou difícil	Manejo da informação 4: Excelente 3: Normal ou esperado 2: Normal mas inconstante 1: Distante ou difícil	Forma da produção 1: Fluxo contínuo 2: Repetitivo em massa 3: Repetitivo em lotes 4: Lotes por projeto MAIS 5: Sob-medida 6: Padronizados						Tecnologia usada 1: Tecnologia simples 2: Tecnologia semi-automática 3: Tecnologia automatizada 4: Tecnologia avançada			
			1	2	3	4	5	6	1	2	3	4
1 Tero-Tecnologia avançada	3,2	3,5		2				6		2		
Valor atual	2,3	2,6	9	9	3	9	9	9	9	9	3	9
2 Manutenção estratégica	3	4	1	2	3	4	5	6			3	4
Valor atual	2,4	2,8	9	9	3	9	9	9	9	9	3	9
3 M. centrada na confiabilidade	3	3	1		3			6		2	3	4
Valor atual	2,5	2,6	9	9	3	9	9	9	9	9	3	9
4 M. centrada no negocio	3,5	3,5		2	3	4	5	6	1	2	3	4
Valor atual	2,5	2,8	9	9	3	9	9	9	9	9	3	9
5 Manutenção produtiva total	4	3	1	2	3			6	1	2	3	4
Valor atual	2,5	2,8	9	9	3	9	9	9	9	9	3	9
6 Apoio logístico integrado	3	3		2	3			5	6	1		
Valor atual	2,4	3	9	9	3	9	9	9	9	9	3	9
7 M. com qualidade total	4	4	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4
Valor atual	2,4	2,8	9	9	3	9	9	9	9	9	3	9
8 Manutenção baseada no risco	3	3	1	2	3		5	6		2	3	4
Valor atual	2,5	2,2	9	9	3	9	9	9	9	9	3	9

Fig. 4.23 Parte dos parâmetros considerados no filtro para selecionar as concepções de manutenção

Para os parâmetros contidos no segundo bloco, a valoração deles é feita em concordância à aptidão que tem cada concepção para atender os requerimentos definidos para a sistemática. Na Fig. 4.23, se mostra, por exemplo, que a manutenção centrada na confiabilidade, para o parâmetro “tecnologia usada”, a concepção é boa quando a tecnologia usada na empresa é semi-automática, automatizada ou avançada (tem definido os números 2, 3 e 4 respectivamente). Através da tela mostrada na Fig. 4.3 o administrador indicou que a empresa tinha tecnologia automatizada e a sistemática automaticamente preenche com o valor 3 na célula correspondente e um valor 9 nas restantes células. Isto é usado para calcular a percentagem de aptidão da concepção, o qual será apresentado na tela mostrada na Fig. 4.25.

Os resultados da adaptabilidade da organização de manutenção para cada uma das concepções também são mostrados na Fig. 4.24, em baixo de cada célula que identifica a concepção na forma de percentagem.

O administrador tem, além disto, a opção dele mesmo avaliar suas capacidades e verificar se a recomendação fornecida pelo programa é a mais adequada de acordo com suas possibilidades para implementar a concepção. Para tal efeito se identificam, para cada concepção de manutenção, os requisitos de informação e os conhecimentos, de técnicas e ferramentas, de apoio administrativo, logística e de infra-estrutura. Para cada aspecto, o administrador deve indicar quais destes requisitos estão em condições de pôr em prática imediatamente. Desta forma pode ter outra alternativa para explorar. Na Fig. 4.24 se mostra a tela de captura de dados para indicar quais dos requisitos são de imediata aplicação e para este efeito o administrador introduze o valor 1 na célula correspondente.

O programa vai, assim, indicar, para cada uma das concepções avaliadas valores do quanto ela já está presente na gestão existente. Entretanto, a aceitação da recomendação está ao encargo do administrador, já que em alguns casos pode ter preferências por certa concepção, ou, a implementação pode estar condicionada a outros fatores, que são de tipo qualitativo ou decisões de planejamento da corporação. O ideal é que a escolha das concepções seja baseada naquelas condições para as quais se tem a mais alta capacidade de atendimento. Para facilitar a tomada de decisão é apresentado na figura 4.25 um resumo comparando as concepções, de um lado os requisitos e de outro as capacidades para implementar cada uma das concepções. Para o caso desenvolvido, as concepções com maior adaptabilidade a todas as condições presentes na análise são manutenção centrada no negocio e apoio logístico integrado.

Na Fig. 4.25 mostra-se a tela para definir, finalmente, quais das concepções para a manutenção têm maior probabilidade de sucesso. A partir daí, para um detalhamento mais intenso se identifica com o número 1 aquelas concepções que deseja avaliar economicamente (neste caso foram selecionadas as concepções de MCC, TPM e MCR).

Aqui é muito importante a ação do facilitador do estudo, que, deve dar a conhecer todas as vantagens e desvantagens de cada concepção de acordo com o que conhece sobre a capacidade da empresa e das características do mercado. O facilitador não pode ser um simples manipulador do programa que gerencia a metodologia, tem que ser uma pessoa muito bem preparada nos conceitos de gestão da manutenção para manutenibilidade, confiabilidade e gestão de pessoal.

[Voltar](#)

11. Análise dos parâmetros e seleção da concepção da manutenção

Quadro comparativo para as distintas concepções da manutenção
Esta análise está dirigida a empresas de tamanho pequeno a grande. Para micro empresas (e às vezes também para pequenas) a concepção da manutenção para complementar a gestão da manutenção não precisa ser tão

Introduzir o valor 1 nas células verdes, para os requisitos que a gestão atual da manutenção está em condições de satisfazer.

Como se tem sugestões sobre as concepções mais adequadas, se o analista estiver de acordo deve confirmar nas células ao fim da tela.

	Objetivo da concepção	Requisitos de informação e conhecimentos		Requisitos de técnicas e ferramentas		Requisitos de infra-estrutura
Tero-Tecnologia avançada	Conceito centrado na relação entre o custo de manutenção e o feedback da informação adequada para os encarregados do projeto e construtores de equipamentos, visando a otimização da manutenção e do custo para o ciclo de vida do produto	Histórico completo de ações de manutenção e seus custos Dados técnicos e construtivos completo dos equipamentos Dados das sinais do monitoramento da condição dos Modelos validados para a otimização para manutenção Sistema de informação com indicadores de desempenho	1	Análise dos modos de falha	1	Computadores de alta capacidade
			1	Análise das criticidades	1	Software para administração
				Análise, testes e fixação	1	Software para modelagem
				Análise estatísticos de dados	1	Instrumentos para o monitoramento
				Análisis e interpretação dos graficos de tendências no Modelagem para a otimização da manutenção preventiva		Software de análise de sinais
	Projetos de modificação para equipamentos	1	Aplicação de software CAD-CAM			
	58%		60		57	
Manutenção estratégica	Para ter uma gestão efetiva da manutenção se requer de um trabalho multi-disciplinar onde a manutenção é vista como uma componente estratégica na perspectiva global do negócio. Integram-se os aspectos técnicos e comerciais, faz-se uso do modelagem matemático e de informação relevante.	Conhecimento científico da degradação dos mecanismo Dados para análise do estado do equipamento Histórico de manutenção e cargas sobre o equipamento Confiabilidade inerente do equipamento Consideraciones comerciais e de mercado		Uso de modelos quantitativos para a predição do impacto da		Computadores de alta capacidade
			1	Definição de indicadores para testar a implementação das		Software para administração
			1	Estratégia para implementar o melhoramento contínuo	1	Software para modelagem
				Uso da tecnologia da informação para integrar as estratégias	1	
	58%		40		50	
Manutenção centrada na confiabilidade	É um procedimento para definir que manutenção é requerida por um sistema tecnológico em seu contexto de operação. Em detalhe deve definir-se quais ações de manutenção se devem efetuar para assegurar que o sistema siga proporcionando as funções que são previstas pelo usuário.	Histórico completo das manutenções anteriores Dados técnicos completos dos equipamentos Esquemáticos dos sistemas individuais e em grupos Funções de cada sistema e sub-sistema do equipamento Dados sobre custos de manutenção e perdas de	1	Metodologia para definir a criticidade dos equipamentos	1	Sistema computadorizado para registro e processamento de
			1	Metodologia para identificar los modos de falha funcionais		Sistema de monitoramento do comportamento do equipamento
			1	Metodologia para a decisão sobre tipo de manutenção	1	
				Análise dos modos de falha e seus efeitos e criticidade		
			1	Metodologia para processar e ajustar o processo		

Fig. 4.24 Parte dos resultados relativos à análise dos parâmetros para seleção da concepção de manutenção

4.10 ANÁLISE ECONÔMICA DAS ALTERNATIVAS SELECIONADAS

A justificativa econômica de um processo de inovação é exigida na maioria das ocasiões pela alta direção da empresa, a fim de conhecer os reais benefícios que resultaria da mudança na forma de gestão da manutenção. Esta etapa é importante porque, além de quantificar cada benefício e cada custo, complementa a informação sobre o desempenho atual da função manutenção em relação à disponibilidade de informação. Também permite ajustar a internalização dos requisitos avaliando o grau de atendimento que estes terão, visa sustentar a definição das estratégias para a manutenção conforme as cargas de trabalho extra que são necessárias desenvolver na etapa de implementação e definir as tarefas chaves que deverão ser controladas e avaliadas no projeto de inovação. Esta parte da metodologia corresponde aos passos 13, 14, e 15 da SSCM, presentes na Fig. 4.1

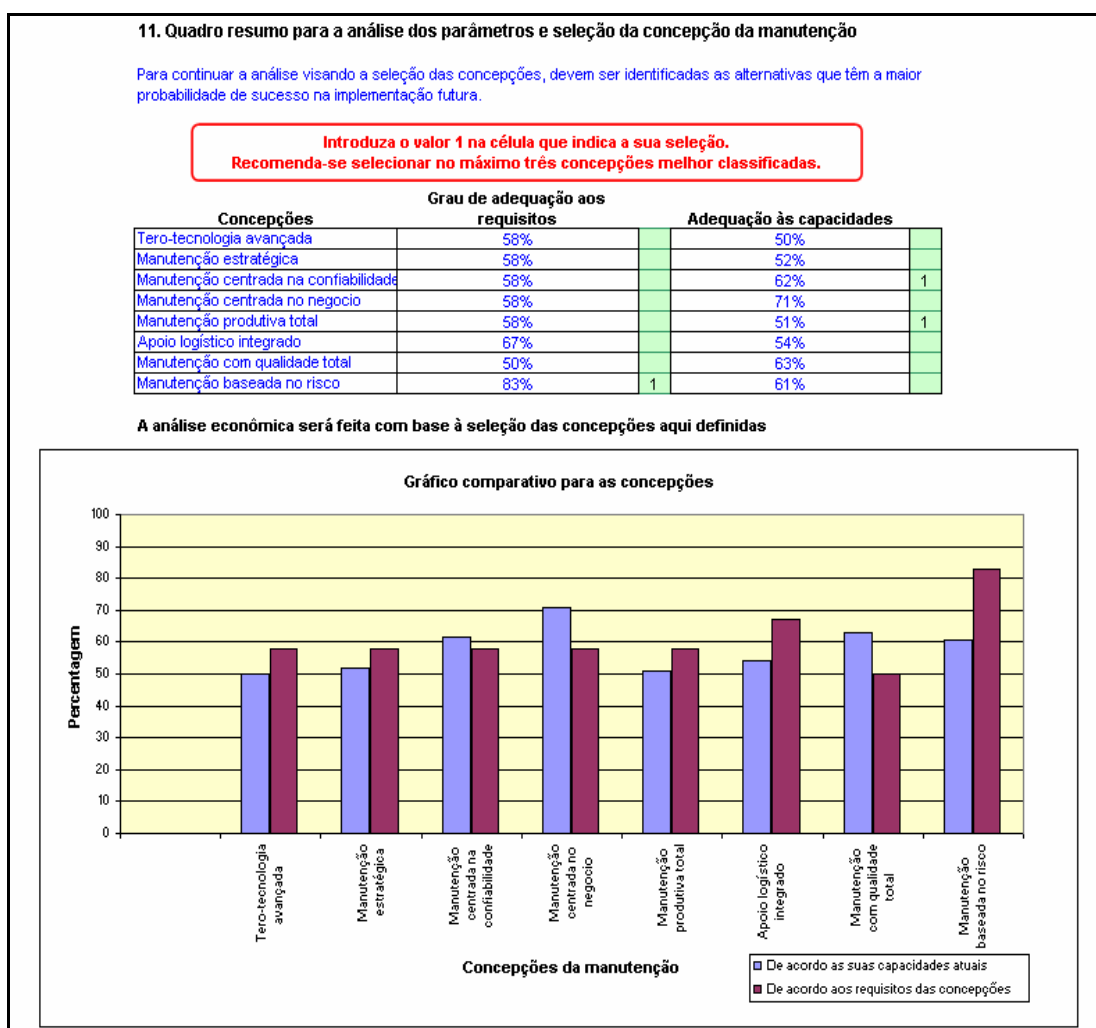


Fig. 4.25 O nível de atendimento dos requisitos das concepções pela empresa analisada

Na metodologia se propõe fazer a avaliação econômica para dois horizontes de planejamento: 2 e 4 anos (Fig. 4.26 e Fig. 4.27). É feita em relação à estrutura de custos atual da empresa (Fig. 4.28), já que o modelo de avaliação econômica na metodologia é do tipo incremental. Propõem-se estes horizontes para a análise econômica porque na prática o período médio para implementar um processo de inovação varia entre um ano e meio e quatro anos (CHEN e SMALL, 1996; CHAN, 2005; RAUSAND, 1998).

Entretanto, se não existir as condições de dispor de um foco claro para a inovação, um apoio e compromisso total dos níveis mais altos da empresa, uma condução sistemática e orientada para realizar mudanças organizacionais, uma equipe de estudos e colaboradores comprometidos com as mudanças e, finalmente agentes externos que apoiem as mudanças e facilitem o processo de inovação, corre-se o risco de não cumprir a meta do tempo inicialmente previsto para a implementação.

O resultado da avaliação econômica é realizado com base em dois indicadores (ver anexo A): a taxa interna de retorno e o benefício líquido atual (Fig. 4.27). Estes indicadores fornecem o rendimento do investimento que se vai realizar, mas terá que ter presente, no momento de interpretar os resultados, que os dados fornecidos para a avaliação estão baseados em estimativas do que se poderá obter como benefícios e do que terá que investir em recursos financeiros. É importante então ser realista na estimativa dos valores e usar a maior quantidade de informação possível na quantificação dos benefícios e custos. Os resultados econômicos devem ser complementados com apreciações de tipo qualitativa sobre a urgência de implementar as inovações e outros ganhos nas relações tanto internas e externas da empresa.

13. Análise econômica das alternativas de manutenção para um horizonte de planejamento de 2 anos

Alternativas selecionadas:
 Manutenção baseada no risco
 Manutenção produtiva total
 Manutenção centrada na confiabilidade

Para a avaliação dos benefícios e custos associados para cada item definido nesta análise, os valores ingressados em cada célula verde são de caráter incremental. Refere-se à variação (positiva ou negativa) sobre o valor atual do custo (despesa) ou do benefício (ganho), relacionados com o desempenho atual da função manutenção.

Qual é a taxa de desconto mensal para os projetos exigido pela empresa? % Equivalente bimestral 25,44 %

Manutenção baseada no risco
Análise econômica para um horizonte de 2 anos em milhares de reais

Identificação dos benefícios	Ano 1						Ano 2					
	bimestre 1	bimestre 2	bimestre 3	bimestre 4	bimestre 5	bimestre 6	bimestre 7	bimestre 8	bimestre 9	bimestre 10	bimestre 11	
Aumento da produção por redução de produção defeituosa (menor quantidade de rejeitos e	2,4	2,6	3	3,2	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	
Aumento da produção por maior disponibilidade dos equipamentos (menor tempo perdido, reduzido set-up,	3	3	3	3	3	3,5	3,5	3,8	3,8	4		
Aumento da produção por maior produtividade (reduzido tempo de entrega, menos emergências, etc)	4	5	6	7	8	9	12	12	13	13		
Diminuição de estoques de peças sobressalentes, partes e equipamentos em bodegagem	8	8	8	8	8	8	6	6	6	6		
Redução dos inventário de produtos intermediários nas linhas de produção (batch sizes)	2	1,5	1,5	2	2	2	2	2,2	2,2	2,2		
Benefícios por maior vida útil dos equipamentos e diminuição de serviços extraordinários	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2		
Total benefícios:	19,4	20,1	21,5	23,2	24,5	26	29	29,5	30,5	30,7		

em milhares de reais

Identificação dos custos	Ano 1						Ano 2					
	bimestre 1	bimestre 2	bimestre 3	bimestre 4	bimestre 5	bimestre 6	bimestre 7	bimestre 8	bimestre 9	bimestre 10	bimestre 11	
a.- Item de capacitação												
Princípios metodológicos da manutenção centrada no risco	2	2	1,3	1,3	0,2	0,2						
Técnicas de avaliação física e econômica do risco	1,2	1,2	1,2	0,6	0,3							

Fig. 4.26: Parte da tela para a introdução de dados para a avaliação econômica das concepções para um horizonte de 2 anos

<u>Resultado da análise econômica das alternativas de manutenção para um horizonte de planejamento de 2 anos</u>	
Manutenção baseada no risco:	TIR: 58%, condição: Aceitável
Manutenção produtiva total:	TIR: 30%, condição: Aceitável
Manutenção centrada na confiabilidade:	TIR: 21%, condição: Rejeitado
<u>Resultado da análise econômica das alternativas de manutenção para um horizonte de planejamento de 4 anos</u>	
Manutenção baseada no risco:	TIR: 53%, condição: Aceitável
Manutenção produtiva total:	TIR: 31%, condição: Rejeitado
Manutenção centrada na confiabilidade:	TIR: 13%, condição: Rejeitado

Fig. 4.27 Resumo da avaliação econômica para as concepções selecionadas

Na Fig. 4.27 se mostra o resultado da avaliação econômica das três alternativas selecionada no passo anterior. Conforme com os valores introduzidos pela equipe de manutenção, a melhor alternativa é a manutenção baseada no risco por ter os melhores indicadores econômicos.

13. Identificação dos efeitos da manutenção sobre os custos de produção	
13.1 Processo de diagnóstico	
Deve ter presente que os custos referidos nesta análise tem relação direta com o número de equipamentos que vai incluir na implementação da concepção.	
Introduzir os valores dos custos atuais da produção nas células verdes:	
	em milhares de reais
Produção defeituosa (produtos rejeitados)	2
Produção defeituosa (produtos reprocessados)	2,6
Baixa disponibilidade (produção perdida por falhas imprevistas)	1,2
Baixa disponibilidade (produção perdida por tempos de preparação)	3
Baixa produtividade (taxa de produção diminuída)	0,8
Excesso de estoque de peças sobressalentes, partes e equipamentos	22
Excesso de estoques de produtos intermediários nas linhas de produção	34
Pagamento de serviços a terceiros por manutenções extraordinárias	42
Perda de benefícios por não entregar a tempo a produção	2
Perdas por deterioração acelerada de equipamentos	23
Outras perdas devido a gestão deficiente da manutenção	5
Total dos custos de referência: 137,6	
Os valores definidos neste módulo, servirão de referência para a análise econômica posterior. A análise econômica a desenvolver é de tipo incremental, ou seja, as variações financeiras estão em referência ao nível atual dos custos.	

Fig. 4.28 Quadro resumo dos custos atuais que serão usados como base para a análise econômica

4.11 COMENTÁRIOS

Um processo de inovação da gestão da manutenção nasce da necessidade de estabelecer uma conexão entre os requisitos que devem possuir os recursos e os requisitos que devem ser atendidos pela empresa, os quais, por sua vez, são determinados pela evolução do mercado (concorrentes, fornecedores, consumidores e produtos alternativos), além da regulamentação ambiental. Esta relação deve ser sustentável no tempo para que a contribuição que faz a função manutenção seja relevante para a vantagem competitiva que a empresa deseja conseguir.

Estabelecendo e mantendo tal relação com a finalidade de satisfazer, da melhor forma, os requisitos dos equipamentos, suas capacidades, conhecimento, competências, tecnologias e recursos, no nível de eficiência que a empresa requer, é o que define finalmente a concepção para a manutenção. O sucesso da concepção escolhida se mede por meio da melhoria da qualidade do serviço que fornece a gestão da função manutenção, de acordo com os princípios administrativos da empresa e de um contínuo crescimento da capacidade humana da equipe de colaboradores e tecnológica do equipamento.

Para conseguir todas estas metas se requer uma correspondência entre o processo de tomada de decisões, visando a inovação na concepção da manutenção, a dinâmica e evolução tecnológica do mercado em que a empresa está inserida.

As decisões estratégicas então, envolvem avaliar detalhadamente a pertinência de investir recursos financeiros em atividades para inovar a concepção da manutenção com a finalidade de fornecer para a empresa um real apoio para fazê-la mais competitiva. Em efeito, fatores tais como alta confiabilidade, manutenibilidade, disponibilidade e segurança, além do baixo custo de manutenção, alta qualidade dos produtos elaborados, depreciação adequada dos equipamentos, podem dar um impacto fundamental à empresa para ser altamente competitiva.

O produto ou serviço que uma empresa oferece ao mercado consumidor é o reflexo de seu nível ou capacidade tecnológica, mas este produto deve possuir certas características de qualidade para o uso previsto, ter um tempo determinado para chegar a seu destino final e ser produzido em um volume que é necessário satisfazer. Para tudo isto a função manutenção tem um papel muito importante: é uma das responsáveis direta para que estes requisitos se cumpram.

Por um lado se têm os requisitos do mercado e por outro as capacidades atuais da função manutenção. Usando uma metodologia estruturada se pode determinar todas as

fraquezas e forças definindo quais são as ações mais apropriadas para melhorar a qualidade do serviço de manutenção e, por conseguinte a competitividade da empresa.

Os itens incluídos na metodologia indicam ser necessário criar uma interface que facilita a auto-análise para a função manutenção na finalidade de realizar uma inovação na sua gestão, relativa a sua estrutura organizacional e a disponibilidade de recursos. As análises vão orientando os responsáveis da manutenção sobre o nível de coerência existente entre o que é necessário ter para uma gestão inovadora e o que ele e sua equipe podem conseguir para seu sucesso.

Na primeira análise se revisa a consistência entre o tamanho da empresa, a relação com a produção: por equipamento, idade dos equipamentos, grau de automação dos equipamentos, tipo de manutenção aplicada e o critério para definir o tipo de manutenção. O objetivo é detectar as situações que não são adequadas para um processo de inovação. Por exemplo, se declarar que a manutenção é, em sua maioria, corretiva, com grande quantidade de equipamentos, dá-se uma mensagem que a situação atual não é favorável para iniciar, de imediato, um processo de mudança para uma forma de gestão mais sofisticada.

As análises que seguem a continuação referem-se à capacidade tecnológica dos equipamentos e a capacidade de atenção dos serviços relacionados com o funcionamento dos equipamentos. Também é avaliada a efetividade da gestão da função manutenção em aspectos como: planejamento da manutenção para seus serviços, qualidade, métodos de trabalho, uso dos recursos, materiais, controle das atividades da manutenção, entre outros. Se não existir uma condição prévia de conhecimento e experiência em administração, em nível aceitável também é emitido um relatório indicando estas fraquezas. Isto tem a finalidade de sugerir a equipe de manutenção iniciar ações para enfrentar o desafio da inovação.

Dá-se especial atenção à maturidade da organização como um todo. É uma análise destinada a medir o grau de apoio para as mudanças na concepção da manutenção, já que fornece um ponto de partida para definir a estratégia para implementar a nova concepção. Se não existir as condições nas pessoas que têm que colaborar com a manutenção, a estratégia de implementação deve seguir outra orientação.

O ciclo da metodologia se fecha com uma análise da capacidade financeira da empresa para sustentar pelo tempo que seja necessário, o processo de implementação da inovação da concepção da manutenção e esta análise é detalhada para cada concepção que seja escolhida pela equipe de analistas.

Além disto, estas análises permitem aprofundar e revelar outros tipos de fraquezas, que não são captadas imediatamente, como ser: a falta de preparação para atacar problemas complexos, que não há uma liderança clara e definida na equipe da função manutenção, ausência de visão estratégica e de negócios. Também a falta de informação para analisar sua situação competitiva e análise de cenários, entre outros itens que poderiam ser obstáculos para a inovação.

É relevante, na aplicação da metodologia, o fato de que se deixe ao encargo do administrador a decisão de implementar ações de melhoramento. Com efeito, apoiado na análise da situação atual que o induz a conhecer a real efetividade da gestão da manutenção e relacioná-la com os requisitos que impõe a alta direção da empresa, pode-se medir ou avaliar efetivamente a distância que separa o estado de início do processo de inovação do estado final que é necessário alcançar. Tem-se com isto a real dimensão da tarefa que se tem que desenvolver para o futuro da gestão da manutenção.

CAPÍTULO 5

MODELO DE MONITORAMENTO, CONTROLE E PLANEJAMENTO DA APLICAÇÃO DA CONCEPÇÃO DE MANUTENÇÃO

Este capítulo apresenta uma estratégia de planejamento e de acompanhamento do desempenho funcional de sistemas técnicos fundamentada na teoria de Garantia de Funcionamento (GdF). Para facilitar as ações dos agentes e gestores de manutenção foi desenvolvido um Programa Computacional de Garantia de Funcionamento (PGdF). Este software sistematiza e processa as informações relacionadas com a análise de disponibilidade, confiabilidade, manutenibilidade, segurança e procedimentos. Os resultados, na forma de indicadores, foram fundamentados nos conceitos contidos no método de Indicadores de Desempenho Balanceados (Balanced Scorecard, BSC).

5.1 INTRODUÇÃO

Uma vez decidido por um modelo de concepção de manutenção e por tanto de uma forma de gestão, planeja-se, implanta-se e monitora-se por meio de índices e fatores que possam acompanhar o desempenho do sistema. Ou seja, para continuar avançando em seu processo de implementação de melhorias, há que dispor de ferramentas que permitem monitorar as estratégias implementadas, como também os efeitos dos novos empreendimentos. O acompanhamento pode ser feito por um conjunto de indicadores selecionados que deve abranger todos os aspectos importantes para a gestão.

Neste capítulo apresenta-se um modelo cujo principal objetivo é fornecer ao analista o conhecimento sobre o real desempenho da gestão da manutenção e da linha de produção, em relação às ações operativas que realiza a função manutenção. Para facilitar este processo um programa computacional deve apoiar o ciclo de retro alimentação do modelo conceitual da metodologia proposta.

O modelo desenvolvido está dirigido principalmente à parte operativa da manutenção, já que para cada indicador definido, seu valor é determinado a partir de dados de causas individualizadas de falhas, o qual fornece ao administrador uma base de dados que lhe permite programar as ações de manutenção que terão que ser realizadas e, planejar as necessidades de recursos. Embora os indicadores tradicionalmente usados na manutenção tenham uma correlação positiva com o desempenho e segurança na empresa, estes devem ser individualizados para a função específica que se deseja controlar (MARTORELL *et al.* 1999).

Qualquer que seja a forma que tomam os indicadores, os valores obtidos sobre eficiência, produtividade, segurança e disponibilidade, têm dois propósitos principais: decidir sobre o destino dos recursos e avaliar o desempenho do sistema depois que os recursos foram usados (LÖFSTEN, 2000). Assim, a ferramenta portadora dos indicadores permite identificar os desvios no desempenho dos equipamentos, e o controle que integra o laço de retro alimentação, que todo sistema de gestão bem implementado deve possuir.

5.2 GARANTIA DE FUNCIONAMENTO

Segundo BLANCHARD *et al.* (1995) dependabilidade é: “a probabilidade do sistema completar a sua missão, dado que o sistema estava disponível no começo da missão”. A dependabilidade é uma medida da condição do sistema em um ou mais pontos durante sua missão e seu valor é fortemente influenciado pela confiabilidade do sistema,

manutenibilidade e a qualidade do projeto (BIFULCO *et al.* 2004; KOSTIC *et al.* 1995). A confiabilidade está associada ao cumprimento da função ao longo do tempo e do comportamento do sistema e a manutenibilidade está associada a condição de recuperar a função do equipamento, quando esta for afetada (KUMAR, 1997; CASTRO *et al.* 2003; KNEZEVIC *et al.* 1997).

Como os equipamentos são cada vez mais complexos, têm funções distintas dependendo dos requisitos do usuário e do meio em que estejam inseridos e na maioria das vezes integrados ao computador para sua operação e controle, o conceito de dependabilidade é cada vez mais relevante. Neste sentido, os pesquisadores europeus e em especial os franceses pertencentes ao grupo de LAAS (Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes) deram especial ênfase ao termo “*Sûreté de Fonctionnement Informatique*” (LAPRIE *et al.* 1996; KAANICHE, 1999).

A Garantia de Funcionamento (GdF) é a propriedade que permite aos usuários de ter uma confiança justificada nos serviços fornecidos pelo sistema (LAPRIE, 1996). O serviço fornecido por um sistema é caracterizado pelo comportamento deste, tal como seus usuários o percebem. Um usuário é um outro sistema (humano ou físico) que inter-atua com o sistema considerado.

Conforme a aplicação e o requisito de qualidade do serviço, o foco pode ser colocado sobre diferentes facetas da GdF, o que indica que a GdF se manifesta de acordo com diferentes propriedades, mas complementares, que permitem definir seus atributos, como mostrado a seguir:

- O fato de que esteja pronto para a sua utilização leva à disponibilidade
- A continuidade no fornecimento do serviço leva à confiabilidade
- A ausência de consequência catastrófica para seu entorno leva à segurança
- A ausência de divulgações não autorizadas da informação conduz à confidencialidade
- A ausência de alterações impróprias da informação conduz à integridade
- A atitude para as reparações e evoluções conduz à manutenibilidade.

O conceito de GdF será utilizado principalmente por dois motivos: primeiro, é um conceito que trata do problema do funcionamento de acordo com as exigências do usuário, que vão desde os aspectos da concepção do sistema até produção e uso. Segundo, que a linguagem ***Garantia de Funcionamento*** fornece uma idéia mais completa do problema que se está abordando, permitindo desta forma gerar um conjunto harmônico de

parâmetros para revisar o projeto, implementar ações de manutenção e definir políticas para a gestão.

Os aspectos a serem abordados com a GdF na gestão da manutenção são disponibilidade, confiabilidade, procedimentos, segurança e manutenibilidade. Complementam os conceitos da GdF as ameaças e os meios mediante os quais se consegue a GdF, como pode ser visto na Fig. 5.1.

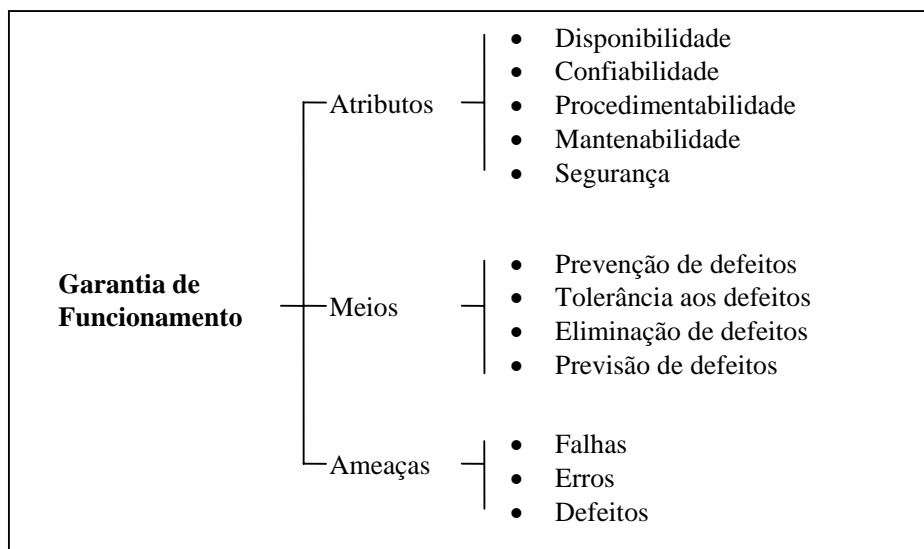


Fig. 5.1 Árvore da Garantia de Funcionamento (adaptado de AVIZIENIS *et al.* 2001)

Dependendo das aplicações que se pretende para o sistema, diferentes ênfases podem ser colocadas nos diversos atributos. A descrição das metas requeridas para os atributos da GdF deve ser feita em termos das condições de entrega do serviço do sistema.

Para a obtenção de sistemas com Garantia de Funcionamento usam-se quatro técnicas que podem ser combinadas (AVIZIENIS *et al.*, 2001):

- Prevenção dos defeitos: como prevenir a ocorrência ou a introdução de defeitos;
- Tolerância aos defeitos: como fornecer um serviço correto em presença de defeitos;
- Remoção de defeitos: como reduzir o número e a severidade dos defeitos;
- Predição dos defeitos: como estimar a quantidade atual, o incidente futuro e provável consequência dos defeitos.

Estas definições são perfeitamente aplicáveis a todos os sistemas, quer sejam de origem informática ou eletromecânica, tendo em consideração as particularidades de cada um deles, a fim de selecionar as ferramentas mais adequadas para a aplicação de cada um dos meios que indica a metodologia da GdF. Assim por exemplo, na informática aplica-se

a introdução de avarias para averiguar as debilidades do sistema, prática que nos sistemas mecânicos não é possível fazer e tem que ser mudado para provas de campo, ou quando for possível, por testes com sobrecarga.

5.3 INDICADORES DE EFICIÊNCIA

A análise de eficiência fornece medidas de comparação dos níveis de realização dos objetivos específicos. As medidas de eficiência provêm informações muito úteis para guiar as decisões administrativas e obter comportamentos desejáveis dos recursos empregados, se as medidas forem corretamente selecionadas para ajustar o meio operacional da organização (TSANG *et al.* 1999). Considera-se que um indicador de desempenho torna-se parte integral de um circuito de retro-alimentação e, portanto deve ser adequadamente definido (Fig. 5.2).

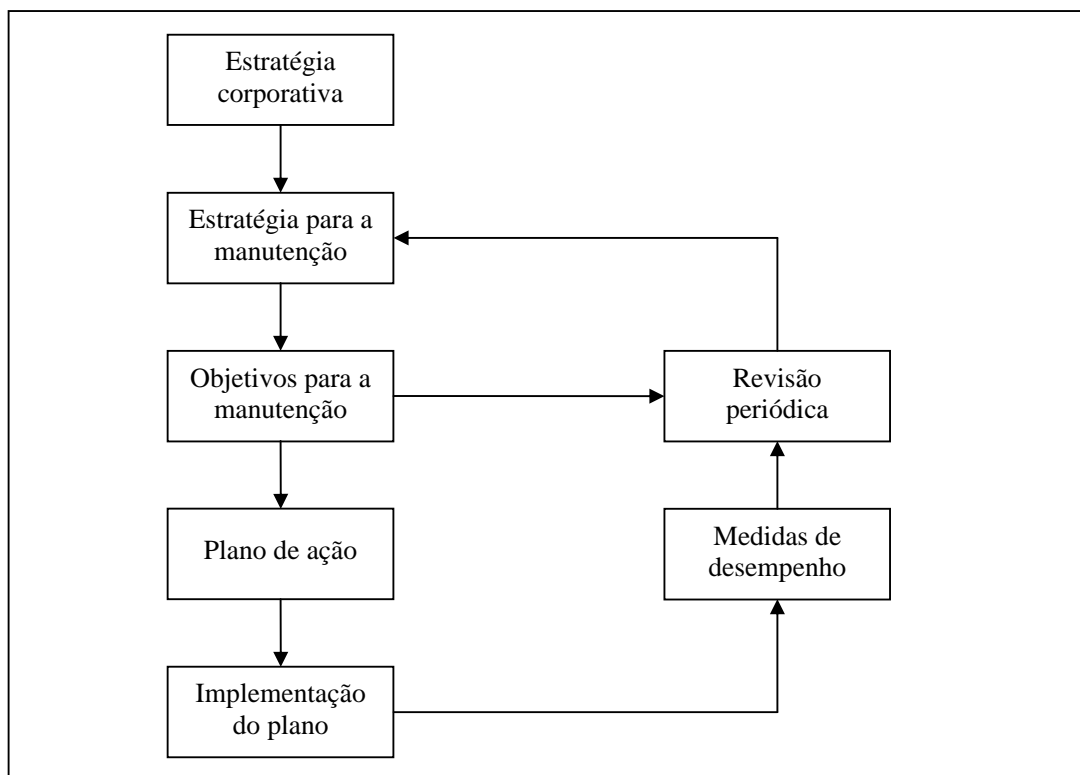


Fig. 5.2 *Feedback* operacional para as medidas de eficiência (adaptado de TSANG *et al.* 1999)

A seleção dos indicadores de desempenho, em sua definição e o valor padrão exigido, é um compromisso que é assumido pela alta direção da empresa com um departamento da mesma. As condições têm que ser negociadas porque compromete

recursos humanos e financeiros para sua implementação e níveis de sucesso a serem alcançados.

É na definição dos indicadores que o **Método de Indicadores de Desempenho Balanceados (Balanced Scorecard, BSC)** se torna uma ferramenta importante. Isto porque, o BSC é uma ferramenta de apoio para acompanhar e monitorar as evoluções das decisões da empresa, centradas em indicadores chaves. Possibilita que cada pessoa na organização entenda cada aspecto ligado à estratégia, para que o sucesso seja total.

O método BSC abrange quatro aspectos fundamentais: finanças, processos internos, clientes, aprendizado e crescimento. Todos estes aspectos devem ter seus objetivos, indicadores, metas e iniciativas muito bem definidas e explícitas (Fig. 5.3).

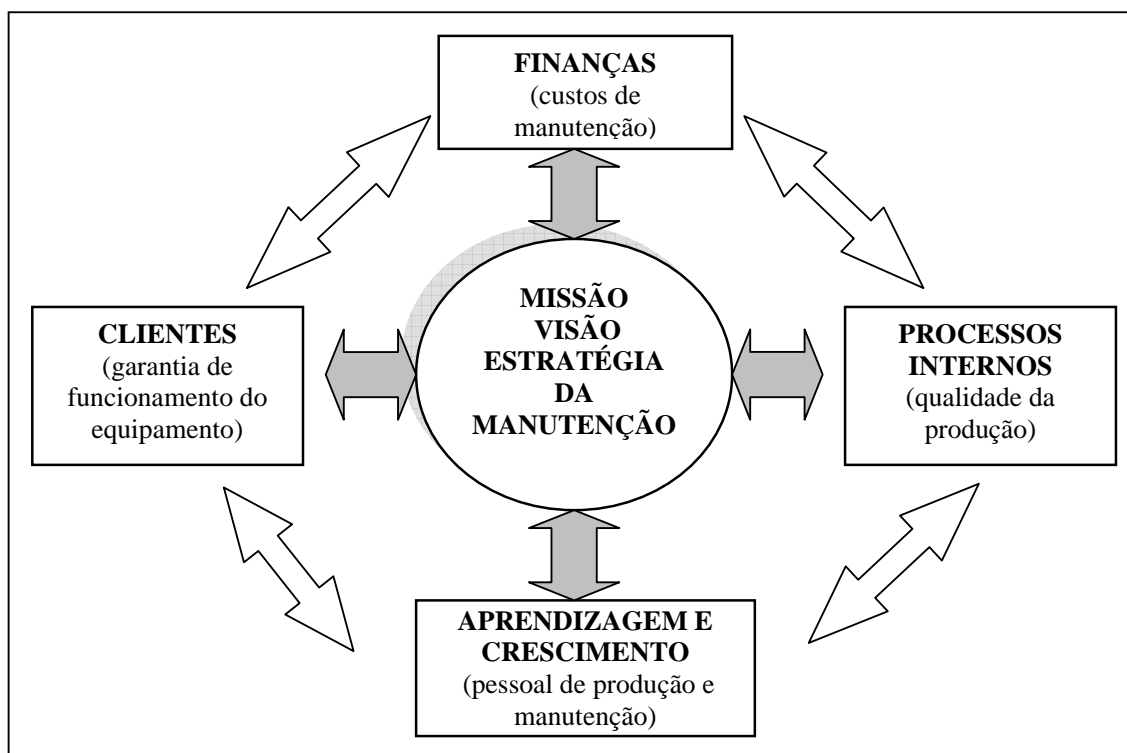


Fig. 5.3 Componentes dos indicadores de desempenho balanceados (adaptado de PRADO, 2002)

Para a função manutenção, o detalhe dos aspectos será:

- Finanças: para ser bem sucedido financeiramente, como se deveria administrar os recursos?
- Processos internos: para satisfazer os clientes em que processo de manutenção se deverá alcançar a excelência?
- Clientes: para alcançar a visão, como se deveria manter os clientes?

- Aprendizado e crescimento: para alcançar a visão, como sustentar a capacidade da empresa de mudar e melhorar?

Há autores que apresentam crítica a algum tipo de indicadores de eficiência usados na técnica chamada “indicadores de classe mundial”, no âmbito da gestão de manutenção, tais como tempo médio entre falhas, tempo médio para a reparação, tempo médio para a falha, disponibilidade do equipamento, custo de manutenção por faturamento e custo de manutenção pelo valor de reposição. As restrições referem-se ao fato dos mesmos não serem os mais adequados para a parte operativa da função manutenção (TSANG, 2002; BERRAH *et al.*, 2000).

A razão apresentada deve-se ao fato dos resultados serem obtidos em termos médios. A tomada de decisões na fase operacional, em função de valores médios, não fornece os detalhes necessários para identificar a fonte de desvios. É aqui onde a **garantia de funcionamento** fornece soluções adequadas para resolver este problema de informação e definir os indicadores que se precisa para a implementação do BSC.

Para a definição dos indicadores do modelo da GdF selecionam-se os atributos da disponibilidade, confiabilidade, segurança e manutenibilidade para dar resposta aos clientes (ESPINOSA e CEA, 2004) que para a manutenção, são os ativos para produção, como se mostra na Fig. 5.4.

Para o aspecto das finanças deve-se referir à relação entre o índice total de eficiência e o gasto total feito durante um período (custo de horas-homem - H.H., de recursos aplicados, de sobressalentes, serviços de terceiros e de perda de produção). Para o processo interno as medições serão referenciadas à qualidade da produção e as definições dos indicadores serão baseadas na metodologia da manutenção produtiva total (TPM) como sendo a taxa de qualidade e taxa de produção (MASAHI *et al.* 1992), cujas definições são mostradas na Fig. 5.5.

Por último, para o aspecto da aprendizagem, a relação será entre as horas-homem empregadas na manutenção (incluem-se pessoal de terceiros) e as horas-aula totais investidas em capacitação. Os serviços de terceiros são incluídos porque estes também devem ser competentes e, isto deve ser uma exigência da organização no momento da contratação das empresas externas.

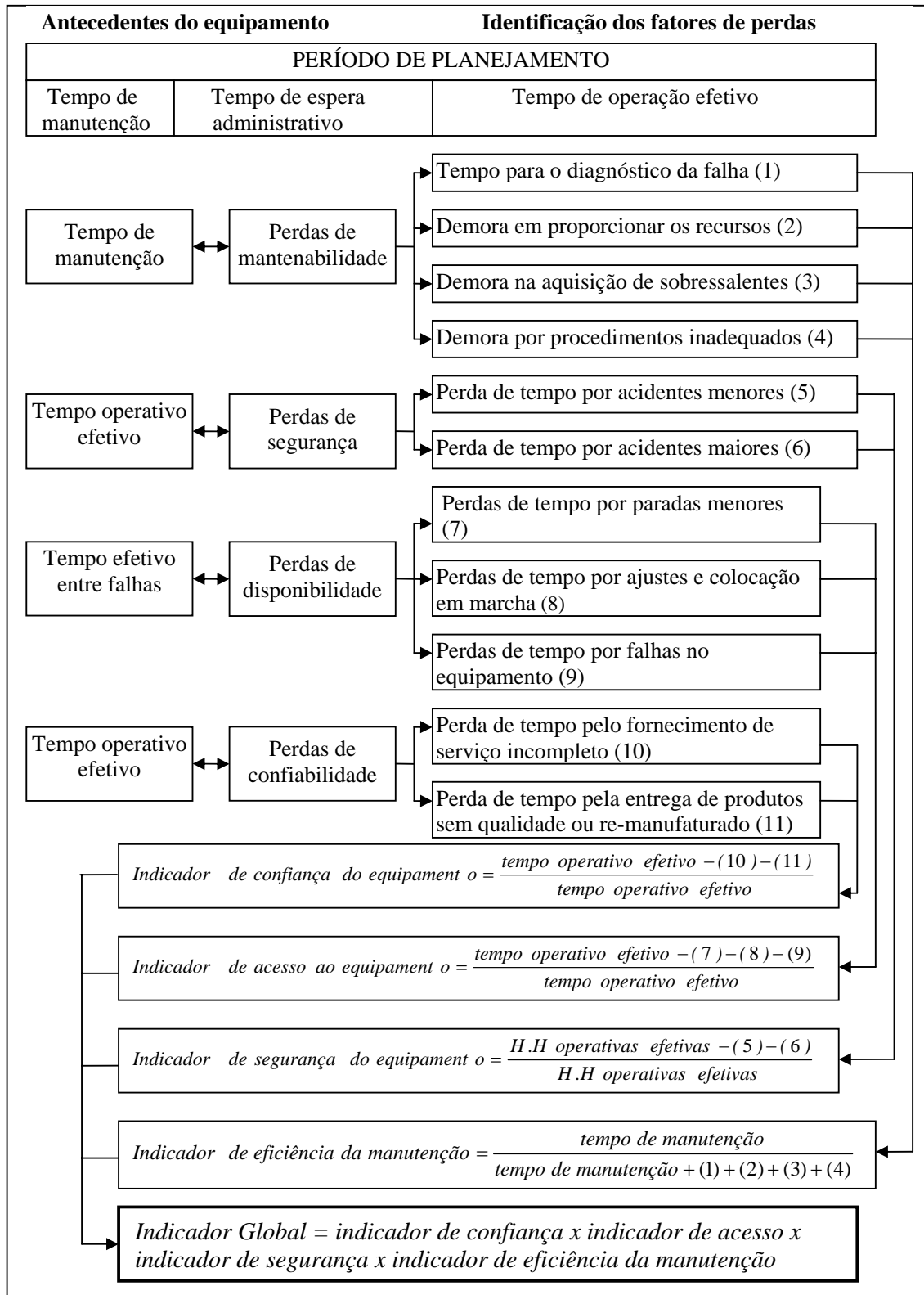


Fig. 5.4 Indicadores diretos relacionados ao desempenho do equipamento

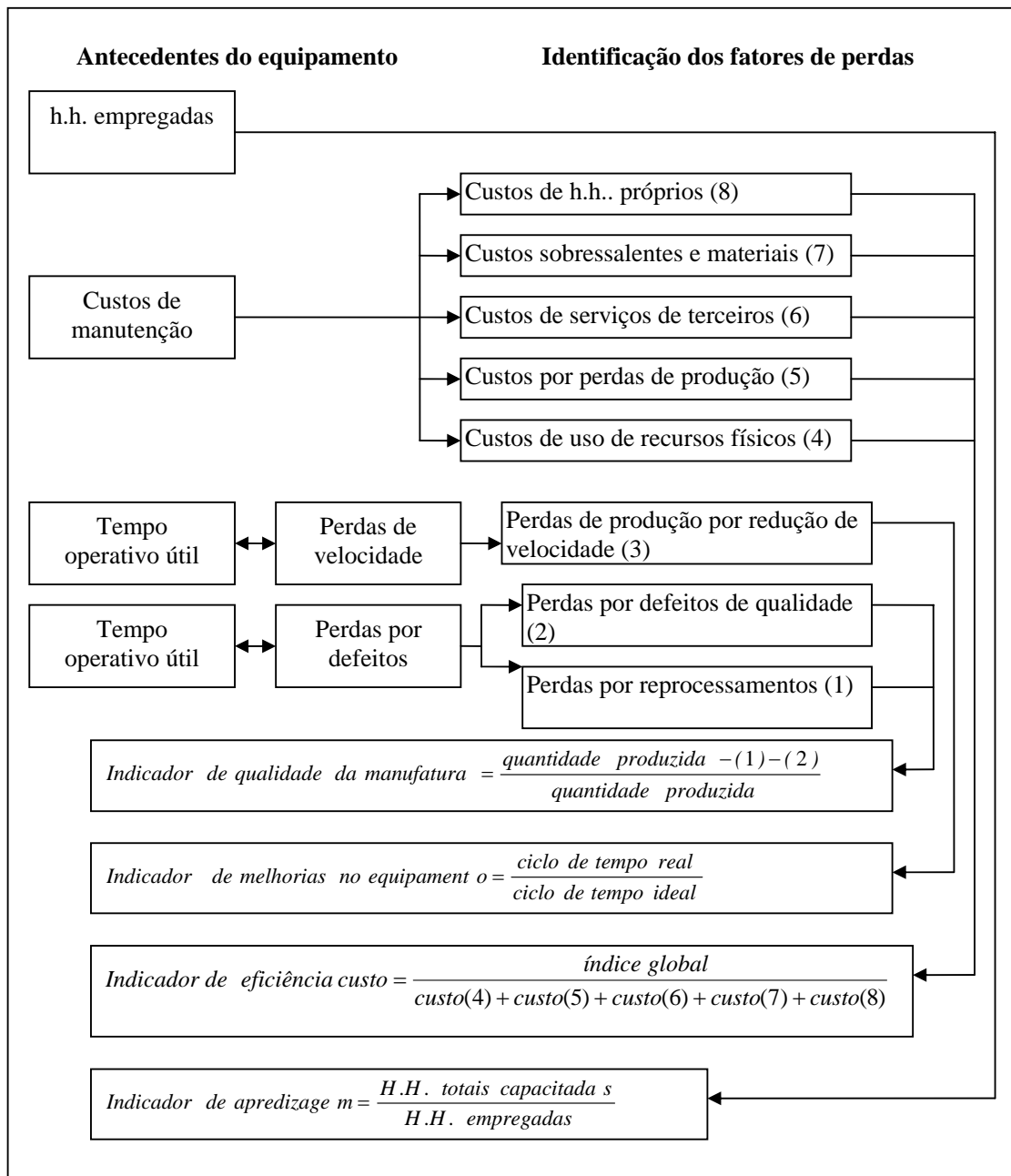


Fig. 5.5 Indicadores para os aspectos de finanças, processo interno e de aprendizagem

Como as informações e indicadores no modelo se referem a cada um dos equipamentos e, para não causar confusões com as definições dos indicadores de classe mundial, definiu-se para os indicadores diretos incluídos no modelo de monitoramento, (Fig. 5.4), a seguinte nomenclatura: para manutenibilidade como eficiência da manutenção, para confiabilidade como confiança no equipamento, para disponibilidade como acesso ao equipamento ou equipamento pronto para operar e para segurança como segurança no uso do equipamento. Da mesma forma para os indicadores indiretos do modelo (Fig. 5.5) que

estão baseados nos conceitos de TPM, denomina-se de indicador de melhorias do equipamento ao aspecto que se relaciona à diminuição da taxa de produção e de indicador de qualidade da manufatura ao que se relaciona às perdas de produção por defeitos no produto.

Para que o sistema de controle seja realmente efetivo, tem que haver apoio computacional, dado a importância para o administrador da entrada dos dados de todos que participam do processo de controle ou do trabalho e da necessidade de fazer sínteses na forma de tabelas, gráficos, ábacos, etc.

Disponer da informação correta no momento de tomar uma decisão é fundamental. Isto permite orientar com eficiência a função de manutenção: na introdução de melhoramentos nos equipamentos, realização de planejamento mais ajustado às tarefas de manutenção, na análise dos métodos de trabalho de manutenção e de operação das máquinas, na definição mais adequada para a aquisição de novas tecnologias, entre outras ações.

A identificação das fontes de desvios, seja na manutenção ou na produção, além de ajudar na caracterização das fraquezas também é uma oportunidade para introduzir melhoramentos. A implementação deste processo depende também do meio adotado para detectar os efeitos produzidos pelos desvios de função ou falhas dos equipamentos. Deve ser fácil de compreender, ter robustez em relação à informação produzida e amplamente aceito pelos mantenedores e operadores.

O foco está em identificar as causas de cada falha. Implementar um processo de tomada de decisão baseada em aspectos pontuais, permite planejar as ações operativas da manutenção tanto no específico quanto no geral e, assim, conseguir resultados mais cedo e, ao mesmo tempo, acompanhar mais de perto a estratégia e a ação implementada.

5.4 PROGRAMA COMPUTACIONAL PARA A APLICAÇÃO DA GARANTIA DE FUNCIONAMENTO

Nas Figs. 5.4 e 5.5, apresentou-se a estrutura dos indicadores para analisar os antecedentes em relação à eficiência da manutenção. Entra-se com os dados dos valores padrões, que são atribuídos no planejamento dos trabalhos e, na saída tem-se todos os dados reais, que serão analisados posteriormente. Caso haja algum valor com desvio acentuado existe a possibilidade de identificar os fatores que interferiram ou contribuíram para este valor final.

Na medida em que se dispõe dos dados referentes à análise das causas de falha, dos modos de falha e dos efeitos produzidos, como também as conseqüências para produção, têm-se a possibilidade de definir, em primeiro lugar, a localização, quantidade e qualidade dos recursos para a manutenção e, avaliar a eficiência de uso destes recursos. Assim, se fecha o primeiro ciclo de análise e ação para uma gestão efetiva da manutenção.

5.4.1 Módulo inicial do programa computacional

O programa computacional foi desenvolvido no modelo de orientação a objeto e foi programado na linguagem Visual Basic 6. A opção pela orientação a objeto deve-se a facilidade de incorporação de blocos de parâmetros e indicadores, programados e testados de forma independente, mas inter-relacionados para os usuários dos resultados. A linguagem Visual Basic, deve-se à facilidade de acesso ao programa fonte, disponível no laboratório, mas também por ser esta linguagem de uso comum nestes sistemas, devido às interfaces gráficas e de visualização, facilitando em muito a relação entre os usuários e o sistema computacional.

O procedimento de busca da informação, intermediado pelo programa, de maneira que permita planejar as ações operativas da manutenção, pode ser sintetizado em duas janelas iniciais: uma que se refere ao produto que está na linha de produção e a outra (a direita na Fig. 5.6) fornece o conjunto das máquinas ou equipamentos que participam do seu processo de fabricação, como indica a Fig. 5.6.

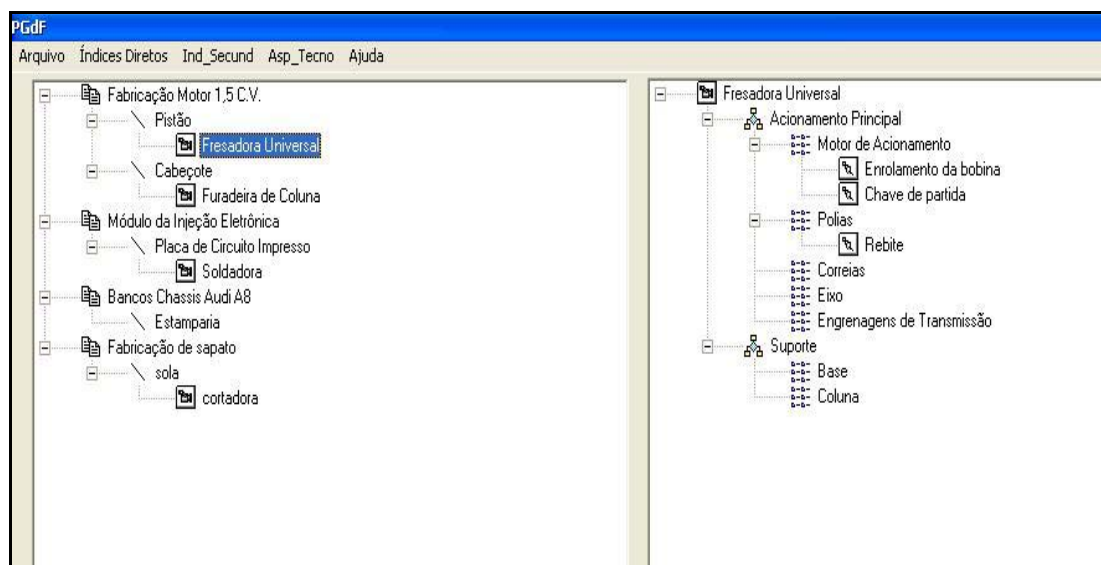


Fig. 5.6 Telas de introdução ao Programa de Garantia de Funcionamento (PGdF)

Como mostra a Fig. 5.6, o “produto referência” que está sendo fabricado (Motor 1,5CV), está decomposto na forma de árvore, com as respectivas máquinas de fabricação vinculadas a ele. Na outra coluna da figura, são apresentadas as máquinas para a fabricação, com as respectivas árvores de subsistemas e componentes requeridos para o funcionamento da máquina.

É neste módulo que se realiza a ligação entre o produto que está sendo fabricado e o equipamento que está em uso no processo de fabricação. Nesta janela se seleciona o equipamento ou subsistema sobre o qual se deseja obter os antecedentes de seu desempenho e se combina com qualquer indicador que está incluído no programa, além dos dados técnicos e históricos de manutenção.

5.4.2 Indicador de confiança no equipamento (confiabilidade)

As características de confiabilidade e manutenibilidade estão sendo tratadas com alto interesse hoje em dia no mundo empresarial. Este interesse é a resposta à questão de permanecer competitivo, prover serviços a tempo e sem erros, e bem relacionados com todos os outros elementos da cadeia de comercialização (MADU, 2005). Soma-se a isto a necessidade de eliminar os altos custos de inventários e realizar uma produção ajustada (Lean Production), para o que é muito importante se assegurar que os equipamentos estão propriamente mantidos e são altamente confiáveis.

A confiança no equipamento (Fig. 5.7) se refere ao fato de poder contar com a máquina, para que o produto projetado seja fabricado em um período de tempo dado e com a qualidade que está definida. O equipamento passa a ser não confiável se ocupar parte do tempo atribuído à produção, em processar peças fora de especificação; se houver perda de tempo em produção defeituosa que não se recupera; se ocupar tempo para entregar um serviço incompleto ou ocupar mais tempo do que o programado (funcionamento em estado degradado) e; todo o tempo que o equipamento esteve parado por falhas repetidas quando deveria estar em produção.

Os dados relacionados com qualquer indicador devem ser introduzidos com uma periodicidade definida pelo administrador das operações de manutenção. É importante este fato já que, além de ser rigoroso na tomada e introdução dos dados ao programa computacional, gera-se uma base de dados ordenada da qual se pode obter os antecedentes para realizar estudos de tipo estatístico relacionados com a análise de riscos, distribuições de probabilidades para a análise de confiabilidade e substituição de equipamentos, entre outras análises de tipo quantitativo que poderiam ser necessárias na gestão da manutenção.

Na janela da Fig. 5.8 mostra-se a distribuição dos índices calculados e posicionados em relação a uma referência, que ajuda ao administrador a gerenciar o indicador de confiança no equipamento.

Apoiado na evolução do indicador e para um ponto fora dos valores padrões definidos, pode-se implementar diversos tipos de ações dependendo da origem da perda de confiança no equipamento. Assim, se a causa estiver no produto fabricado, complementando esta informação com os antecedentes do indicador de qualidade da manufatura, pode-se pesquisar sobre a qualidade das ações de reparo (reposições, lubrificantes, controladores, montagens, mudanças estruturais, etc.) que poderiam provocar desajustes, desbalanceamentos ou desalinhamentos no maquinário, como também falta de preparação na operação dos equipamentos de parte dos operadores.

Para o caso em que a perda de confiança tenha sua origem em falhas repetitivas no equipamento também se pode pesquisar, apoiado nos dados do indicador de eficiência na manutenção, sobre o nível da qualidade de atendimento de parte da manutenção (peças sobressalentes, pessoal capacitado e métodos de trabalho).

Confiança do Equipamento

Antecedentes | Gráfico

Código da Máquina: 55 Nome: Furadeira de Coluna

Valor de referência: 33 % Tempo operativo designado: 15 (h)

Data: 12/9/2004

Detalhe das causas da perda de confiança

Tempo destinado a reprocessos: 0 (h)

Tempo perdido por produção defeituosa: 0 (h)

Tempo perdido por serviço incompleto: 0 (h)

Tempo do equipamento parado por falha: 1 (h)

Outras causas que afetam a confiança:

causas nos reparos de confiança 1 (h)

Relatório das perdas: Total de tempo perdido que influi na confiança: 3 (h)

Índice de Confiança de equipamento: 78 %

Modificar Remover Incluir Imprimir Fechar

Fig. 5.7 Tela para a introdução de dados para calcular a confiança no equipamento

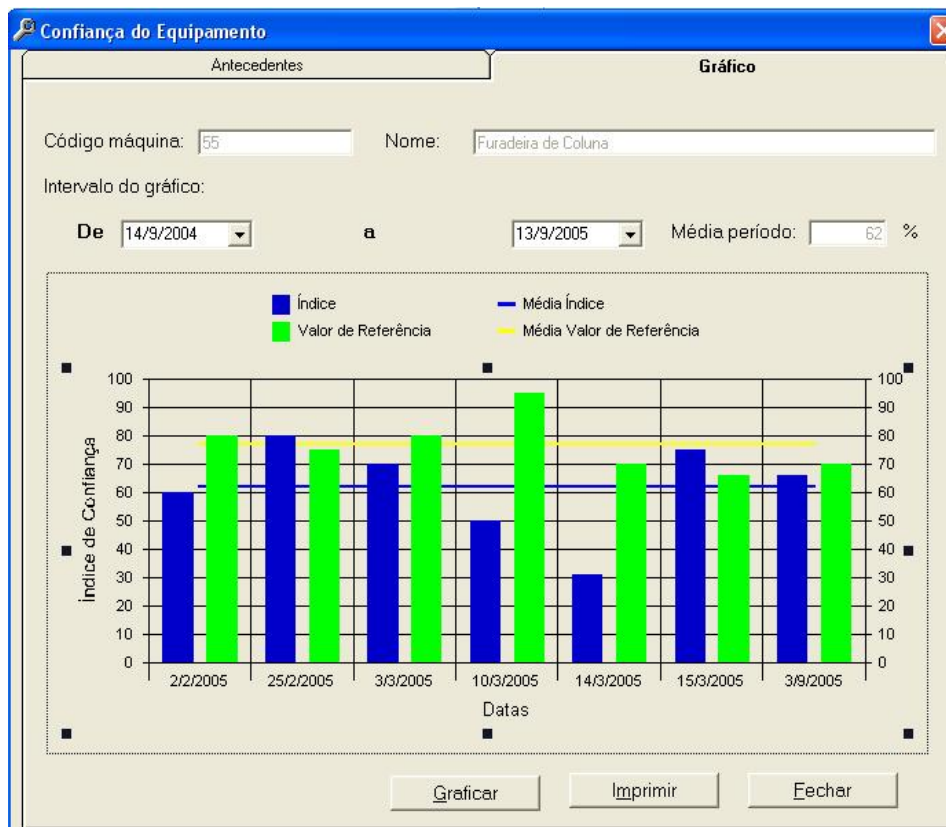


Fig. 5.8 Tela do gráfico para o indicador de confiança no equipamento

5.4.3 Indicador de eficiência da manutenção (mantenabilidade)

A manutenibilidade é um aspecto importante no projeto do ciclo de vida e tem um papel significativo durante o período de serviço do produto (WANI e GANDHI, 1999). É no processo de projeto do sistema que se estruturam os atributos para obter alto desempenho nas tarefas de manutenção, em particular, inspeção, reparação, substituição e diagnóstico. Estas atividades para uma boa manutenibilidade do sistema, não somente devem ser executadas no menor tempo possível e com a melhor disponibilidade de recursos. Como é importante conjugar estes dois aspectos da manutenibilidade, o programa suporta duas bases de dados: uma que está contida no módulo de eficiência da manutenção (Fig.5.9) e outra base para o melhoramento dos aspectos de projeto do sistema (Fig. 5.16).

O módulo de eficiência da manutenção captura e processa todos os antecedentes que estão diretamente relacionados com a execução eficiente das tarefas de manutenção. Contém aspectos administrativos como a rapidez para diagnosticar a causa da falha, definir tarefas e atribuir responsabilidades e aspectos de logística como a aquisição e

disponibilidade de peças. Tudo isto se complementa com os aspectos operativos que é a execução das tarefas de manutenção.

	Padrão	Real
Tempo para diagnóstico da falha:	1 (h)	0 (h)
Tempo para designar recursos:	1 (h)	2 (h)
Tempo para adquirir peças:	1 (h)	1 (h)
Tempo de execução da manutenção:	1 (h)	1 (h)
Outras demoras que afetam a manutenção:		1 (h)

Relatório das perdas: [dropdown]

O tempo designado foi excessivo? **Não** Quanto? (h)

Índice de eficiência da manutenção: 72 %

Buttons: Modificar, Remover, Incluir, Imprimir, Fechar

Fig. 5.9: Tela para o indicador da eficiência da manutenção

Diante de um valor de eficiência da manutenção, fora dos limites definidos como aceitáveis pelo responsável da gestão da manutenção (uma análise com um gráfico similar à Fig.5.8), se analisam os antecedentes correspondentes á data do desvio, introduzidos na base de dados para a eficiência da manutenção, e se poderiam tomar ações corretivas para cada uma das causas. Se a causa da baixa eficiência for tempo elevado para realizar o diagnóstico, se poderia analisar a viabilidade de implementar ações como: aumentar as ações de manutenção preditiva, capacitar os operários para realizar a interpretação de funcionamentos anômalos, melhorar os canais de comunicação entre operação e manutenção, revisar as pautas de programação das tarefas de manutenção com a finalidade de evitar esperas desnecessárias por diagnóstico, entre outras ações de melhoramento da manutenção. Da mesma maneira, para cada item contemplado na base de dados existem soluções para o caso de não atingir os valores padrões, e estas soluções deverão ser

propostas de acordo com o nível de conhecimento interno da empresa e das capacidades e disponibilidades de recursos físicos e financeiros.

5.4.4 Indicador de acesso ao equipamento (disponibilidade)

Este indicador está relacionado com o fato de dispor do equipamento no momento que é requerido (Fig. 5.10), ou seja, ter acesso ao equipamento para a produção. Em outras palavras, que o equipamento não fique parado por estar em reparos menores (lubrificação, aperto, alinhamentos, etc.) ou por ajustes constantes para o correto funcionamento. Também se consideram como causas de não acessibilidade (indisponibilidade) do equipamento o fato de estar inoperante devido à manutenção não programada ou por falhas repentinas, como também por início do funcionamento fora das condições normais. Pode ser incluído neste indicador causas indiretas como paradas devidas a falhas em equipamentos contíguos, por alta contaminação de seu entorno que, embora possa estar em produção deve ser parado, ou ainda, por ações de manutenção requerida por circunstâncias externas e não programadas.

Acesso ao Equipamento

Antecedentes | Gráfico

Código da máquina: 55 Nome: Furadeira de Coluna

Valor de referência: 75 % Tempo de produção designado: 10 (h)

Data: 5/9/2005

Tempos de não disponibilidade do equipamento

Tempo em reparos menores:	2 (h)
Tempo em ajustes:	1 (h)
Tempo em início do funcionamento:	2 (h)
Tempo em detenção por falhas:	2 (h)
Tempo em manutenção:	3 (h)
Outras causas de não disponibilidade:	5 (h)

Relatório de perdas Total tempo sem acesso ao equipamento: 14 (h)

Índice de acesso ao equipamento: 80 %

Modificar Remover Incluir Imprimir Fechar

Fig. 5.10 Tela para o indicador do acesso ao equipamento

O valor deste indicador fora dos limites aceitáveis, vai requerer ações corretivas que poderiam estar incluídas no melhoramento dos procedimentos ou métodos para efetuar a manutenção. Quando se apresenta com frequência problemas com este indicador de disponibilidade, as causas poderiam estar radicadas no fato de não haver uma coordenação consistente entre o período de produção e o período para realizar as tarefas de manutenção menores (atrapalhando o tempo de produção) ou devido ao tempos de manutenção ser maior que o programado inicialmente, como também pela presença de muitas falhas inesperadas. Inclui-se a qualidade dos trabalhos de manutenção, que se foram deficientes, ocasionam desajustes intermitentes do equipamento ou dificultam o início da função do equipamento. Este indicador está diretamente relacionado com a eficiência da manutenção.

5.4.5 Indicador de segurança do equipamento (segurança)

Elevado número de colaboradores das áreas de manutenção é afetados por acidentes de trabalho, mais que os operadores dos equipamentos (MANUELE, 2005). A razão é que os mantenedores estão mais expostos a fatores que são de alto risco, como choques elétricos, queda de componentes pesados, contato com produtos químicos, etc. Para o pessoal de operação em geral a razão é devido à falha nas barreiras para evitar acidentes ou pela operação imprudente que rompe os procedimentos estabelecidos. De todas as formas, qualquer que seja a origem, um acidente repercute de forma negativa sobre a moral dos colaboradores, detém a produção e afeta a confiabilidade do equipamento. No programa da Garantia de Funcionamento se inclui este fator, o qual é monitorado mediante o Indicador Segurança do Equipamento (Fig. 5.11).

É responsabilidade da função manutenção, atender o requisito da segurança dos equipamentos e do ambiente e cooperar com as instâncias reguladoras. A manutenção deve ser rigorosa ao elaborar e fazer respeitar os procedimentos de segurança, como também manter em bom estado de funcionamento as barreiras para evitar os acidentes. É importante deixar registrado a deterioração de parte dos equipamentos que poderiam ser causas de futuros acidentes.

Para um valor de horas de produção perdidas por acidentes (dado obtido do gráfico do indicador, similar ao mostrado na Fig. 5.8), qualquer que seja o valor padrão proposto deve-se tomar ações para evitar que se repita o acidente. É um trabalho em conjunto, no qual devem participar todos os que estão envolvidos com o equipamento. Outra fonte de possíveis acidentes e que terá que se vigiar de perto, está relacionado com os trabalhos de manutenção efetuados pelo pessoal externo, já que eles, as vezes, e não conhecem os

procedimentos habituais da organização. Qualquer fonte de perigo ou acidente deve ser contemplada na programação das atividades da função manutenção.

Fig. 5.11 Tela para o indicador de segurança do equipamento

5.4.6 Índice global

O índice global corresponde a multiplicação de todos os indicadores considerados anteriormente. Incorporou-se a este índice estes indicadores com igual relevância para a função manutenção e, por isto, o valor global é função direta de cada um destes fatores. Para se ter um bom índice global há que ter equilíbrio, não se pode ter um fator destoante em termos de qualidade funcional (Fig. 5.12). Em outras palavras, basta que um dos indicadores esteja baixo para que o sistema se veja afetado e seja notória a deterioração do desempenho do sistema produtivo. Além disso, se pode fazer um paralelo com o TPM e estabelecer estratégias para que o sistema alcance uma efetividade total da linha de 85% ou mais. Logo, para uma companhia de classe mundial segundo Riss (1997), cada indicador deve estar acima de 95% no seu desempenho.

Fig. 5.12 Tela para o índice global do equipamento

São exigidos valores altos de eficiência, mas este é o desafio para ser uma empresa altamente confiável. Seguindo a evolução deste indicador pode-se medir a efetividade das estratégias derivadas da aplicação da concepção da manutenção e, o ritmo de crescimento se deve definir com base numa negociação entre o encarregado da manutenção e a alta direção da empresa.

O índice global definido para cada equipamento se pode fazer extensivo à linha de produção, mediante um valor médio ponderado pela criticidade de cada máquina na linha. O valor da criticidade é o mesmo determinado na aplicação da metodologia para selecionar a concepção da manutenção. Este valor é ilustrativo da eficiência total da linha de produção e, além disto, indica em quais equipamentos se devem concentrar os esforços de melhoramento. Equipamentos mais críticos provocam maior impacto no índice total da linha de produção.

O índice global definido para cada equipamento pode-se fazer extensivo à linha de produção, mediante um valor médio ponderado pela criticidade de cada máquina da linha. O valor da criticidade é o mesmo calculado na aplicação da metodologia para selecionar a concepção da manutenção. Este cálculo é ilustrativo da eficiência total da linha de produção e, além disto, indica em quais equipamentos se devem concentrar os esforços de melhoramento. Equipamentos mais críticos provocam maior impacto no índice total da linha de produção.

5.4.7 Indicador de melhoria no equipamento

A função manutenção está na empresa para manter o equipamento em boas condições de trabalho em primeiro lugar e, para aumentar a eficiência dos equipamentos sob sua responsabilidade. Assim, este indicador está projetado para capturar e medir a efetividade da manutenção para conseguir esses objetivos (Fig. 5.13).

Fig. 5.13 Tela para o índice melhoria do equipamento

Os melhoramentos são medidos pelo aumento da taxa de produção considerando a introdução de automação, mudanças na estrutura da máquina, otimização dos métodos de trabalho, otimização do leiaute da linha de produção, adotando facilidades externas que aumentam a produtividade, mudança de materiais ou qualidade de reposições (re-projeto do equipamento), etc. Ao contrário, se a velocidade de produção diminui e o equipamento ainda está dentro dos limites de sua vida útil, indica que a função manutenção não está cumprindo com seu papel. Deve ser um motivo de preocupação ter um equipamento em funcionamento degradado e não conseguir do equipamento seu máximo retorno.

Introduzir melhorias nos equipamentos ajuda a permitir a obtenção global de 85%, embora existam autores que indicam que 75% é excelente (DAL *et al.* 2000), já que este indicador, na sua definição, contém a razão entre a taxa de produção melhorada via

introdução de melhorias e a taxa de produção nominal do equipamento, podendo dar um fator maior que 1 se o re-projeto para melhorias tem sucesso, o qual num momento dado pode suprir uma queda no índice de acesso ao equipamento e assim manter a eficiência global do equipamento, para o período de planificação da produção. De todas as maneiras, manter este indicador num valor próximo da unidade (um), por um período de tempo longo, já é um grande sucesso para a função manutenção, porque está indicando que a eficiência nominal está sendo mantida sob as políticas atuais de manutenção.

5.4.8 Indicador da qualidade da manufatura

A qualidade do produto elaborado também é uma boa fonte de informação para a manutenção, já que é aqui onde se reflete, finalmente, o trabalho realizado pelo pessoal de manutenção. Se não foi conseguido cumprir a quantidade planejada de produtos pode indicar baixa disponibilidade do equipamento de produção devido à baixa qualidade da função manutenção.

Qualidade da Manufatura

Antecedentes Gráfico

Código da máquina: 55 Nome: Furadeira de Coluna

Valor de referência do índice: 73 % Produto manufaturado: Parafuso

Data: 13/9/2005 Tempo de produção efetivo: 15 (h)

Quantidade total produzida: 25 Ton

Detalhe das perdas de qualidade

Quantidade rejeitada: 1 Ton
Causa: Ferrugem

Quantidade re-processada: 0.5 Ton
Causa: Imperfeições

Causas do rejeito

Índice de qualidade da manufatura: 94 %

Incluir Imprimir Fechar

Fig. 5.14 Tela para o índice de qualidade da manufatura

Um outro aspecto mais, pode estar associado à qualidade do produto. Neste caso a informação sobre determinados tipos de rejeição do produto por falta de qualidade na produção (Fig. 5.14), pode indicar um caminho para se chegar à origem da falha do

equipamento, partindo da suposição de que a matéria prima é a indicada para produzir o produto e de que a máquina deve cumprir com as exigências de projeto.

Este indicador aponta para a detecção de pequenas anomalias no equipamento que cedo ou tarde vão repercutir negativamente na qualidade do produto, como montagem deficiente, peças com tolerâncias fora dos limites, cargas excessivas, controle com uma sensibilidade incorreta, entre outros fatores. Somam-se a isto, também agentes externos como os poluentes que provocam corrosão ou má operação dos equipamentos.

5.4.9 Indicador da eficiência de custo

Aumentar o desempenho de cada equipamento e, por conseguinte, da linha de produção, deve ser um dos objetivos mais importantes para a função manutenção. Mas o desafio é conseguir este aumento de forma eficiente com os recursos financeiros disponíveis. Como esses recursos em geral são limitados, o aumento do desempenho global não pode ser a qualquer custo e os gastos devem ser controlados.

Para este fim, se definiu o indicador de eficiência de custo (Fig. 5.15), o qual se relaciona com o índice global (Fig. 5.12) e com todas as despesas resultantes de falhas e conseqüentes paradas dos equipamentos. Incluem-se todos os custos diretos e os indiretos com a perda de produção. O administrador deve seguir a evolução deste indicador (Fig. 5.15) e estar atento, já que no caso em que o valor começa a diminuir, isto indica que a eficiência no tratamento também diminui. Pode significar que, para um mesmo nível de investimentos a eficiência global do equipamento esteja caindo, ou mesmo que a eficiência global não se altere, os custos de manutenção, ainda assim, estão aumentando. Em ambos os casos indicam problemas na gestão.

5.4.10 Informações complementares do programa

O programa de Garantia de Funcionamento contém um conjunto de informação complementar e que está destinada a servir de apoio ao processo de decisão para a definição das ações de melhoramento. Os grupos de informação são: histórico das falhas com a descrição do dano ocorrido, histórico das falhas com os custos associados, descrição da funcionalidade de cada sistema do equipamento e os dados técnicos de cada equipamento. Nestas bases de dados se encontram os antecedentes que ajudarão no re-projeto do equipamento ou na re-definição das ações de manutenção. Na Fig. 5.16 se mostra um conjunto de informação referente à funcionalidade de um sistema do equipamento produtivo.

Fig. 5.15 Tela para o indicador da eficiência de custo

5.5 COMENTÁRIOS

O sentido tradicional de um índice está associado ou indica um critério da estabilidade: quer seja no cumprimento de uma norma ou referência estabelecida, ou na medida de um certo grau de desempenho. Mas, na atualidade essa visão deve ser mais ampla para ver a organização em todos os aspectos e deve apoiar todo o processo de melhoramento contínuo da estrutura organizacional, dos meios, recursos e da administração.

Para conseguir um processo de melhoramento contínuo precisa-se ter antecedentes para levar ao fim três etapas no processo:

- Análise da situação atual,
- Definição das ações de melhoramento e execução destas conforme o objetivo desejado e,
- Medição dos efeitos das ações de melhoramento num intervalo de tempo estabelecido.

Funcionalidade do Subsistema

Nome do subsistema : Mesa Porta Peça

Função do subsistema : Portar a peça

Sinal de entrada :

Sinal de saída :

Tecnologia usada : Bosch

Descrição da falha : Falha por trinca na mesa

Causa da falha : Parafuso de ajuste tricotou por fadiga.

Efeito da falha : Quebra da mesa porta Peça

Criticalidade da falha :

Ocorrência : Tem aparecido com frequência na linha de produção

Detecção : Detectado com a falha do equipamento

Críticidade : Alta

Impacto : Perda de produção de 2 horas

Periodicidade da troca de peça : 6 meses

Remover Modificar Imprimir Fechar

Fig. 5.16 Tela para a funcionalidade do sistema

Ter os antecedentes na quantidade e qualidade apropriada fará a diferença entre um projeto para o melhoramento bem definido e avaliado e outro que não o é.

O objetivo do programa computacional de garantia de funcionamento é contribuir de forma significativa, para a função manutenção na sua parte operativa, para cada uma das etapas de um processo de melhoramento.

Na primeira etapa, que consiste na análise da situação atual, aqueles indicadores com um valor abaixo do definido como padrão, indica para as chamadas *áreas de melhoramento*. Estas áreas estão diretamente relacionadas com as características definidas

para a linha de produção, e que têm relação com: quantidade e qualidade produzida, tempos de produção, produtividade e disponibilidade. Também, abrangem as características cobertas pela função manutenção: manutenibilidade, desempenho dos recursos disponíveis, estado dos equipamentos, qualificação dos colaboradores da manutenção e das operações, qualidade dos fornecedores de peças sobressalentes, etc.

Para a área de melhoramento que foi devidamente identificada, mediante uma análise detalhada dos fatores que compõem cada indicador, pode-se agora isolar os chamados *fatores de melhoramento*. É neste ponto onde o programa para a garantia de funcionamento contribui com outros antecedentes importantes para o administrador; dá as causas valoradas que influem no baixo desempenho dos recursos utilizados, as que podem ser de procedimentos, métodos, preparação, execução dos trabalhos de manutenção ou de operação dos equipamentos.

A seleção dos fatores de melhoramento leva consigo a definição *dos planos de ação*, que é a segunda etapa no processo de melhoramento. Saber, por exemplo, que os tempos de abastecimentos são altos demais, que os períodos de ajustes não são os adequados, que o refugo de peças produzidas é alto por não cumprir com as tolerâncias estabelecidas, entre outros tantos fatores que se poderiam ocorrer, indicam o tipo de ações corretivas que terá que empreender. Este conhecimento pode levar a destinação de recursos suficientes e definidos para implementar ações de melhoramento.

O terceiro passo no processo corresponde medir, com o mesmo instrumento com o qual se detectaram os insucessos na gestão, que neste caso são os indicadores contidos no programa garantia de funcionamento, o efeito das ações realizadas e avaliar sua efetividade. Como resultado tem-se decisões mais racionais a partir de um conjunto de indicadores obtidos.

Existe uma relação muito estreita entre manutenção e operação para o melhoramento da efetividade de ambos. Bons procedimentos de manutenção fornecem a operação maior efetividade em sua taxa de produção e melhorias nas facilidades dos equipamentos, simplificando as tarefas de manutenção. Esta sintonia deve estar sustentada por antecedentes reais.

A baixa qualidade dos itens usados na manutenção ou atualização dos equipamentos pode afetar a qualidade do produto elaborado pela empresa como também o desempenho da linha de produção. Se não se tiverem os antecedentes para caracterizar as causas que provocam variações no desempenho, na operatividade, na arquitetura do equipamento e nos procedimentos de manutenção, terá como resultado um projeto de

melhoras que, possivelmente, não fornece as respostas adequadas para solucionar o problema do equipamento produtivo.

Por isso, entende-se que priorizar um sistema de informação que individualize os fatores que podem ser melhorados ajuda efetivamente a implementação e posterior crescimento da concepção da manutenção selecionada. Esta crença foi decisiva para o desenvolvimento desta metodologia e dos programas SSCM e PGdF, como também para os processos de avaliação, tanto nos seminários da área de manutenção quanto congressos científicos e para a validação da metodologia no interior das empresas, com os agentes de manutenção.

CAPÍTULO 6

PROCESSO DE VALIDAÇÃO, CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

*Contém as conclusões finais, análise das avaliações da sistemática e
recomendações para outras pesquisas.*

6.1 INTRODUÇÃO

A idéia para o desenvolvimento desta tese originou-se de uma percepção que pode ser resumida na seguinte pergunta: por que as empresas produtivas não conseguem ter uma disponibilidade mais alta, apesar dos contínuos esforços que as empresas fazem na capacitação do pessoal, no investimento em equipamentos, no apoio computacional e na melhor organização de seus recursos? A constatação que levou a formulação da pergunta veio da experiência vivenciada pela equipe que está desenvolvendo esta tese, mas também está presente na literatura, principalmente, aquela que versa sobre a realidade brasileira e latino-americana. A resposta pode estar associada ao fato de que o pessoal de manutenção não aplica na forma certa uma metodologia que apóie a seleção adequada de modelos de concepção da manutenção e, a partir deste ponto, se elaborou uma metodologia e uma posterior sistemática, cujo fundamento é fornecer apoio para o responsável da manutenção pela seleção de uma concepção e que dê as bases para construir um sistema para a gestão da organização de manutenção.

O foco para a elaboração da metodologia foi concentrado na identificação das concepções de manutenção que melhor se adaptam às condições da empresa e da função manutenção sob estudo, já que este é o ponto de início de um processo de construção do sistema de gestão da manutenção e, na maioria das vezes, esta etapa é esquecida ou tratada em forma superficial.

Para elaborar uma metodologia que seja efetiva, estruturou-se o trabalho em duas etapas. A primeira etapa esteve dedicada em fixar os parâmetros ou variáveis mais relevantes que devem ser consultados para definir um modelo de concepção. Esta atividade foi desenvolvida mediante uma revisão bibliográfica exaustiva, complementada com informação obtida da experiência de colaboradores ligados à manutenção. Assim, nesta parte foram definidos os aspectos que definem a seleção de uma forma de concepção como: caracterização da empresa, o nível de atendimento aos requisitos do produto e condições do entorno, a análise detalhada da situação atual da organização da manutenção, avaliação do grau de maturidade da função manutenção, a análise da criticidade dos equipamentos e da função manutenção. Este conjunto de informação fornece uma visão global das condições atuais da organização e situa a análise em um ponto de início conhecido e que, de uma forma ou de outra condicione a seleção da concepção pela aptidão presente na organização.

Para proporcionar ao analista condições para a seleção de uma concepção de manutenção, se definiu um outro grupo de informações complementares as anteriores, as

quais estão relacionadas ao nível de análise das condições presentes na organização e requeridos para cada concepção ou para a concepção mais adequada. Estas novas informações solicitadas são: as metas declaradas (ou que devem atingir) para função manutenção, ponderação dos requisitos do produto a ser atendido, análise da disponibilidade de recursos (físicos, humanos e de informação) presentes na organização conforme os requisitos de cada concepção da manutenção, e finalmente uma análise econômica das alternativas de manutenção para um horizonte de planejamento dado, com o qual se fecha a aplicação da metodologia.

Com a aplicação desta metodologia a equipe de manutenção consegue ter uma visão com completeza da situação atual, em relação a sua organização, conhecimentos, atitudes, definição de metas, disponibilidade de recursos e a posição da função manutenção na empresa, aspectos que foram corroborados na validação da sistemática.

Para acompanhar o processo de inovação da função manutenção, já na sua parte de gestão, elaborou-se um software que vai a agir diretamente no controle da evolução da eficácia das ações definidas para manter os equipamentos. O desenvolvimento desta ferramenta está baseado nos conceitos contidos na teoria da Garantia de Funcionamento porque desde um inicio se definiu que as características principais que deve atender a gestão de manutenção são: disponibilidade, manutenibilidade, confiabilidade e segurança, aspectos que são compatíveis com esta teoria. O software recolhe todos os dados necessários para avaliar uma serie de indicadores e em base a estes últimos ter as informações precisas para selecionar as estratégias de melhoramento para o sucesso da função de manutenção.

6.2 PROCESSO DE VALIDAÇÃO DA SISTEMÁTICA

O processo de validação foi realizado em duas etapas, cada uma com objetivos distintos, mas complementares entre si. Na primeira etapa o objetivo central esteve focalizado em verificar se a estrutura e interfaces definidas na implementação computacional forneciam suficiente informação para que a equipe de analistas compreendesse o objetivo da sistemática. Além disto, testou também se a linguagem e interfaces eram compreensíveis, se o conteúdo era de fácil aplicação, se o alcance da metodologia cobria todos os aspectos da gestão da manutenção e se na empresa existia a capacidade humana para realizar este tipo de análise.

Para levar a cabo esta validação se utilizou, em uma primeira etapa, um breve questionário (ver questionário B1, anexo B) que foi aplicado em seminários sobre o tema

para alunos do POSMEC e em apresentações em congressos de engenharia (III Seminário Catarinense de Manutenção, 26 a 28 de Setembro de 2005, Joinville e 18th International Congress of Mechanical Engineering (COBEM 2005), 6 a 11 de Novembro de 2005, Ouro Preto, MG).

Os custos e as dificuldades inerentes a uma pesquisa como esta, levou a optar por aproveitar os eventos com profissionais da área, onde o trabalho foi apresentado, para obter desta forma resultados exploratórios preliminares para a SSCM sobre aspectos de comunicação, entendimento, estrutura, forma, abrangência e pertinência, com a finalidade de ter bases para continuar no desenvolvimento da sistemática.

Nestes eventos, foram distribuídos 68 questionários e obteve-se 52 respostas. Os resultados obtidos nesta etapa podem ser resumidos como segue:

- Entendimento da metodologia: O 83% dos que responderam, entenderam totalmente o objetivo da sistemática e 17% entenderam parcialmente.
- Grau de facilidade para aplicação da metodologia: Com referência ao grau de facilidade da aplicação da sistemática, 66% opinaram que seria fácil de aplicar, mas com a participação ativa do facilitador. Os outros 34% dos pesquisados indicaram o contrário por considerá-la muito extensa.
- Temas abordados na sistemática: Para o aspecto, se os temas incluídos na sistemática refletem o comportamento de sua empresa, 69% responderam que sim, enquanto que 31% indicaram que não sabiam. Este ponto deve ser destacado porque isto revela que um alto número de pessoas não tem um conhecimento completo sobre os planos e estratégias da sua empresa.
- Quantidade de informação nos questionários: No que se refere ao tamanho dos questionários incluídos na sistemática, 62% considerou adequado para o objetivo proposto e 13% indicou que era muito extenso e o restante indicou que era muita informação solicitada e as saídas eram poucas.
- Possibilidade de aplicação O último ponto considerado na pesquisa, que fez referência à capacidade da equipe de manutenção para aplicar a metodologia proposta, o resultado foi que 35% acredita que se existe a capacidade para aplicá-la e 50% indicou que será muito difícil e 15% não respondeu.

Para a segunda parte do processo de validação consistiu de duas etapas: selecionaram-se quatro empresas com parques fabris muito bem estruturados, fez-se uma apresentação para um grupo de gestores de manutenção e, posteriormente, colheu-se as

percepções. Para isto, utilizou de um questionário mais elaborado (ver questionário B2, anexo B), seguindo a metodologia usada por PEREZ (2003) e ROMANO (2003). Esta etapa se concentrou em verificar se a sistemática ao ser aplicada em situações reais forneceria as respostas necessárias para uma equipe de manutenção que está frente a um processo de tomada de decisão em relação a gestão de manutenção. Nesta etapa da validação os detalhes incluídos na sistemática foram: a clareza das perguntas e explicações anexas; a facilidade para seguir o processo de análise; a estrutura e conteúdos nas telas com informação útil processada para a equipe de análise e; a relação entre o qualitativo de uma apreciação da realidade e o quantitativo de um valor que mede e explica esta realidade.

Para tal efeito a sistemática foi aplicada em quatro indústrias de manufatura, com alto nível de exportação de seus produtos, portanto com altas exigências de disponibilidade de seus recursos produtivos, nas quais a manutenção desempenha papel importante e requerendo melhorias constantes em sua gestão para acompanhar o desenvolvimento da empresa.

O procedimento que se adotou para validar a sistemática consistiu em visita a cada uma das empresas, formalizando uma pequena apresentação da metodologia, indicando objetivo, acesso a ferramenta de análise e apresentando os fundamentos teóricos sobre todas as formas de concepção da manutenção incluídas na planilha eletrônica. Após a palestra, partia-se para a discussão da aplicação da sistemática, solicitando que um dos membros da equipe de manutenção ajudasse a preencher os formulários para um setor específico da empresa, enquanto o facilitador ia explicando os passos e coordenando o debate com os outros membros para o preenchimento dos formulários. Ressalta-se, ainda, que o software foi enviado, antes da visita, com todas as indicações de uso para que já houvesse um primeiro contato com a ferramenta de seleção da manutenção – SSCM.

A primeira empresa, um dos maiores fabricantes de motores elétricos do mundo, estava desenvolvendo estudos para redefinir seu sistema de gestão, a fim de responder às demandas por disponibilidade dos recursos e tinham que definir qual concepção seria adotada no futuro. O grupo era formado por cinco profissionais, em nível de gerência e chefias, tanto da manutenção fabril quanto da manutenção de seus produtos nos clientes.

A segunda empresa foi um grande fabricante do ramo automotivo, líder no segmento que atua. Estavam presentes três profissionais, sendo o gerente da área de manutenção e dois chefes de setor.

A terceira empresa é líder no setor de produtos eletro eletrônicos para telefonia e o grupo de avaliadores era também constituído pelo gerente de manutenção e dois chefes de setor.

A quarta empresa é do rubro da celulosa e grande percentagem da sua produção está dirigida á exportação. O grupo avaliador foi composto de seis engenheiros de manutenção, líderes na suas áreas de atuação ao interior da empresa.

As três primeiras empresas são brasileiras e a quarta é chilena.

As principais características da sistemática que foram avaliadas nesta segunda fase são: primeiro a clareza para a captura dos dados e no fornecimento da informação e, segundo, a profundidade adotada para identificar a realidade e as potencialidades presentes na gestão atual, bem como as concepções com mais chances de serem postas em prática. Outros atributos importantes estão relacionados com a completeza, ou seja, se a sistemática cobre suficiente aspectos que estão presentes na gestão da manutenção e sua amplitude, ou seja, a capacidade de visualizar outros aspectos não quantificáveis, como estimular o diálogo, capturar atitudes de liderança, etc.

O primeiro ganho do processo de validação deste trabalho foi que permitiu aos membros do setor de manutenção conhecer o nível de atualização de ferramentas que eles já possuíam implantado em sua gestão, ou bem, conhecer outras formas de gestão de manutenção. Além, obter ferramentas de discussão e análise frente a empresas externas que oferecem soluções às problemas na gestão.

Os grupos das quatro empresas manifestaram opinião aproximada de que a metodologia apresentada, apesar de ser densa em seu conteúdo proporciona uma avaliação muito precisa da realidade da manutenção na empresa, destaca os objetivos da manutenção e dá claras diretrizes sobre a forma a seguir para realizar uma inovação na forma de gestão da manutenção.

Os problemas detectados na aplicação se referem com a dificuldade inicial em compreender a linguagem usada, a forma de preencher as planilhas, o conhecimento do nível tecnológico e a estrutura produtiva da empresa por parte do facilitador do estudo. Aqui é revelada novamente a importância do facilitador: tem que se envolver completamente com o pessoal de manutenção e os aspectos tecnológicos da empresa e conhecê-los nas dimensões que a sistemática necessitar. Ou seja, o facilitador deve ser um profissional capacitado quanto ao conteúdo da teoria e quanto ao preenchimento da planilha do SSCM e análise dos resultados, para melhor dialogar com os outros membros

do setor de manutenção. Assim, pode-se melhor aproveitar a quantidade de informação que está presente na metodologia.

Como resultado da avaliação pode-se concluir que é uma ferramenta que reflete de forma satisfatória a situação da organização da manutenção, revela suas potencialidades, fomenta uma discussão no interior da função e direciona a análise para a implementação de uma inovação na forma da gestão da manutenção. Todas estas características apontam de forma positiva para responder a questão inicial que deu a origem desta tese.

6.3 CONCLUSÕES

A metodologia desenvolvida e, em especial a sistemática para avaliação, oferece as bases para o administrador da manutenção que, em um dado instante, tem que decidir se realiza ou não, a inovação da atual forma de administrar a manutenção:

- Oferece respostas categorizadas e avaliadas de aspectos da gestão da manutenção que são essencialmente qualitativos, o que fornece uma base de discussão para analisar a viabilidade de fazer uma inovação na forma de gerir os recursos.
- Relaciona distintas áreas de atuação na gestão da manutenção para assim fornecer os relacionamentos que são complementares entre si. Pode-se realizar, desta forma uma análise cruzada de variáveis que vão interferir no sucesso da implementação da concepção da manutenção.
- É uma ferramenta de avaliação do melhoramento contínuo. Cada vez que é aplicada a metodologia, esta permite comparar distintos estados no tempo e analisar a efetividade das ações de melhoramento que foram implementadas, ou os avanços que são conseguidos com a inovação da concepção.
- Fornece a informação ao administrador sobre problemas atuais na gestão da manutenção e as possíveis ações que poderiam melhorar este ponto. Identifica os pontos da gestão atual na sua real dimensão e, além disto, o nível que deveria ter para não ser um obstáculo no processo de gestão.
- É uma ferramenta que guia o diálogo, entre o analista e o facilitador do estudo, por ser uma metodologia ordenada que permita discutir tópicos importantes para a gestão da manutenção e sua relevância para conseguir os objetivos propostos.

A metodologia, além de fornecer informações, diagnósticos, relatórios e uma série de contribuições, também impõe seus requisitos para serem aplicados, os quais foram detectados nas sucessivas avaliações da aplicabilidade da sistemática:

- O facilitador deve ser um profissional altamente capacitado na parte tecnológica tal que, compreenda com facilidade o processo produtivo da empresa que está sendo estudada e, além disto, dominar em profundidade as características, vantagens e desvantagens de cada concepção da manutenção. Também deve ter bom relacionamento com os colaboradores para obter, de cada membro da equipe de manutenção, a melhor e real informação da situação atual da empresa e sua visão de futuro e deve preocupar-se em conhecer, em profundidade as características da empresa sob estudo.
- Entre os participantes deve existir uma real vontade de cooperar no estudo, já que a sistemática, para seu desenvolvimento consome um considerável tempo, considerando o nível de trabalho que, geralmente tem uma equipe de manutenção. A extensão dos questionários não é pequena, mas é necessária para capturar a real dimensão da situação atual da empresa.
- A informação que é solicitada, durante a aplicação da sistemática é de alta qualidade e quantidade. Como em toda aplicação computacional, se o fornecimento de dados é de má qualidade, as respostas também o serão. A metodologia exige conhecer em detalhe o comportamento organizacional, o grau de preparação de toda a equipe de manutenção, o nível de desempenho da gestão, a estrutura de custos, a função de cada equipamento na linha de produção e a caracterização da disponibilidade de recursos externos e internos.

Mencionou-se que a metodologia, em especial a sistemática desenvolvida pode ser utilizada como ferramenta de melhoramento contínuo. Com efeito, mediante a aplicação da sistemática se pode detectar itens no sistema de manutenção da empresa que podem ser melhorados, como também aquelas ações que poderiam se implementadas. Mas é importante, para ter um controle da eficácia das ações implementadas, possuir um sistema de indicadores como o PGdF para corroborar o sucesso ou insucesso, ou fazer ajustes das estratégias definidas para conseguir o melhoramento.

Propôs-se como objetivo desta tese, desenvolver uma metodologia para preencher a lacuna no processo de inovação da gestão que era a falta de um procedimento ordenado para ajudar na seleção de uma concepção de manutenção. Fornece-se a metodologia com sua implementação computacional, que apóia efetivamente o administrador da função de manutenção na seleção da melhor concepção da manutenção, baseado nas metas da função e na suas fortalezas, para assim, formalizar todo seu processo de gestão dos recursos o seu encargo e obter os resultados que são esperados da função manutenção. Obteve-se como

resultado, neste trabalho, uma metodologia que combina aspectos técnicos, administrativos, humanos e econômicos, todos focalizados para mostrar ao administrador o potencial que poderia obter ao definir uma nova concepção, evitando desta maneira, a seleção de uma concepção com base, somente, em uma opinião de um especialista ou atuar por imitação. Obteve-se, além disto, uma metodologia (também implementada computacionalmente, PdGF) para medir a eficácia das estratégias de manutenção que são implementadas.

O objetivo global se conseguiu por meio de um produto final implementado computacionalmente em uma planilha Excel™, o que lhe dá uma alta flexibilidade para ser aperfeiçoado se a situação assim requerer.

6.4 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Programar a metodologia em uma linguagem de programação orientada a objeto e ser usada como base para um processo de benchmarking para a gestão da manutenção, usando todo o conjunto de informações que se teria pelas sucessivas aplicações da sistemática.

No aspecto relacionado com o desenvolvimento de novas concepções de manutenção, suger-se usar como base o modelo CIBOCOF proposto pelo pesquisador WAEYENBERGH (2005), na parte da decisão do tipo de manutenção a realizar, mas toda a parte relacionada com a modelagem matemática para definir a periodicidade e a quantidade de recursos a usar, substituí-la por uma modelagem, centrada no aspecto econômico principalmente.

Aperfeiçoar o modelo proposto na tese para controlar a efetividade das estratégias definidas para as ações de manutenção. Incluir uma modelagem, baseado nas redes de Petri, para avaliar a efetividade total do conjunto de estratégias porque elas estão inevitavelmente relacionadas entre se.

Ampliar a metodologia para avaliar alternativas de implementação de um sistema de gestão da manutenção para o qual se definiu sua concepção. Conforme com os requisitos da concepção selecionada e as características da empresa em estudo, definir aspectos como o sistema de informação, gestão de estoques, planos de capacitação, relação com fornecedores, engenharia para as máquinas, etc.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-AHMARI A., RIDGWAY K. **An integrated modeling method to support manufacturing systems analysis and design.** Computers in Industry N° 38. 1999.
- AL-NAJJAR B. **Total quality maintenance. An approach for continuous reduction in costs of quality products.** Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 2 No. 3, pp. 4-20, 1996.
- ANDERSEN E.S., JESSEN S. A. **Project maturity in organizations.** International Journal of Project Management 21. 2003.
- ARANTES DA COSTA E., 2002, **Gestão estratégica.** Editora Saraiva.
- AVIZIENIS A., LAPRIE J.C., RANDELL B.. **Fundamental concept of dependability.** LAAS Report N° 01145, April 2001. pp. 2-14. 2001
- BALACHANDRA R. **An expert system for new product development projects.** Industrial Management & Data Systems 100/7, pp. 317-324. 2000.
- BAMBER C., SHARP J. M., CASTKA P. **Third party assessment: the role of the maintenance function in an integrated management system.** Journal of Quality in maintenance Engineering. Volume 10, No 1., pp. 26-36. 2004
- BERRAH L., MAURIS G., HAURAT A., FOULLOY L. **Global vision and performance indicators for an industrial improvement approach.** Computer in Industry 43, pp. 211-225. 2000.
- BIFULCO G., CAPOZZI S., FORTUNA S., MORMILE T., TESTA A. **Distributing the train traction power over cars: effects on dependability analyzed based on daily duty-cycle.** COMPEL: The International Journal for Computation and Mathematics in Electrical and Electronic Engineering Vol. 23 No. 1. 2004
- BLANCHARD B., VERMA D., PETERSON E., 1995. **Maintainability: a key to effective serviceability and maintenance management.** Ed Wiley. 1995
- BLANCO S., CARON-FASAN M., LESCA H. **Developing capabilities to create collective intelligence within organization.** Journal of Competitive Intelligence and Management. Vol. 1 N°1. 2003.
- BURGESS T.F. **Modelling the impact of reengineering with system dynamics.** International Journal of Operations and Production Management, Vol. 18 No. 9/10. 1998.
- CARRETERO J., PÉREZ J., GARCÍA-CARBALLEIRA F., CALDERÓN A., FERNÁNDEZ J., GARCÍA J., LOZANO A., CARDONA L., COTAINA N., PRETE P. **Applying RCM in large scale systems: a case study with railway networks.** Reliability Engineering and System Safety 82, pp. 257-273, 2003
- CASSADY C., MURDOCK W., POHL E. **Selective maintenance for support equipment involving multiple maintenance actions.** European Journal of Operational Research. 129. 2001.

- CASTRO HÉLIO F., LUCCHESI CAVALCA K. **Availability optimization with genetic algorithm.** International Journal of Quality Reliability Management Vol. 20 No. 7. 2003.
- CHAHARBAGHI K., WILLIS R. **Strategy: the missing link between continuous revolution and constant evolution.** International Journal of Operations & Production Management, Vol 18, No. 9/10. pp. 1017-1027. 1998
- CHAN F.T.S., LAU H.C.W., IP R.W.L., CHAN H.K., KONG S. **Implementation of total productive maintenance : a case study.** International Journal of production Economics. Volume 95, Issue 1, pp. 71-94. 2005
- CHEN I., SMALL M. **Planning for advanced manufacturing technology.** International Journal Of Operation & Production Management. Vol. 16, No. 5. pp. 4-24. 1996.
- CHTOUROU H., MASMOUDI W., MAALEJ A. **An expert system for manufacturing systems machine selection.** Expert Systems with Applications 28, pp. 461–467. 2005.
- CLARKE A., GARSIDE J. **The development of a best practice model for change management.** European Management Journal Vol. 15, No. 5. 1997.
- COETZEE J.L. **A holistic approach to the maintenance”problem”.** Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 5 No. 3, pp. 276-280. 1999
- COOKE-DAVIES T.J., ARZYMANOWC A. **The maturity of project management in different industries: An investigation into variations between project management models.** International Journal of Project Management 21. pp. 471–478. 2003.
- CORBEN D.A., WOLSTENHOLME E.F., STEVENSON R.W. **A product improvement case study using systems modeling.** Executive Development, Vol. 8 No. 4. 1995
- CRESPO A., GUPTA N.D. **Contemporary maintenance management: process, framework and supporting pillars.** Omega, article in press, disponivel online: www.sciencedirect.com. 2005
- CURRY B. **Knowledge-based modelling for strategic decisions Marketing Intelligence & Planning** 14/4. 1996.
- DAL B., TUGWELL P., RICHARD G. **Overall equipment effectiveness as a measure of operational improvement A practical analysis.** International Journal of Operations & Production Management, Vol. 20 No. 12, pp. 1488-1502. 2000.
- DEKKER R. **Application of maintenance optimization models: a review and analysis.** Reliability Engineering and Systems Safety, pp. 229-240, 1996
- DEKKER R., SCARF P. **On the impact of optimization models in maintenance decision making: the state of the art.** Reliability Engineering and System Safety. 60. 1998.
- DESHPANDE V.S., MODAK J.P. **Application of RCM to a medium scale industry.** Reliability Engineering and System Safety 77, pp. 31-43. 2002
- DIAS A. **Metodologia para análise da confiabilidade em freios pneumáticos automotivos.** Tese doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica. 1996.

- DUFFUAA S.O., DAYA M.A. **Turnaround maintenance in petrochemical industry: practices and suggested improvements.** Journal of Quality in Maintenance Engineering Volume 10, Number 3, pp. 184–190, 2004
- DUFFY J. **Maturity models blueprints for e-volution.** Strategy & Leadership 29, pp. 19-26. 2001.
- EMBLEMSVAG J., TONNING L. **Decision support in selecting maintenance organization.** Journal of Quality in Maintenance Engineering Vol. 9 No. 1, pp. 11-24. 2003
- ENSSLIN L, MONTIBELER G, NORONHA S. **Apoio á decisão. Metodologias para estruturação de problemas e avaliação multicritérios de alternativas.** Editora Insular. p. 77. 2001.
- ESPINOSA F., CEA R. **Diseño de un Programa Computacional para Evaluar la Gestión de Mantenimiento Basado en la Seguridad de Funcionamiento.** Revista Información Tecnológica Vol.15, N°6, 2004.
- ESPINOSA F., SALINAS G. **Proposición de un modelo para análisis de variables de proceso de manufactura en referencia a su impacto en el medio ambiente.** Revista Innovación Universidad de Antofagasta, 3, 2000.
- FENTON N., NEIL M. **Making decision: using Bayesian nets and MCDA.** Knowledge-based System 14. pp. 307-325. 2001.
- FIESP: **Federação das Indústrias do Estado de São Paulo.** <http://www.fiesp.com.br/>. Acesso no 20/06/2004.
- FLEMING P.V., OLIVEIRA F.. **Considerações sobre a implementação conjunta de TPM e MCC na indústria de processos.** 12o Congresso Brasileiro de Manutenção da ABRAMAN, outubro de 1997, São Paulo-SP. 1997.
- FLYNN B., SCHROEDER R., FLYNN J. **World class manufacturing: an investigation of Hayes and Wheelwright's Foundation.** Journal of Operations Management 17. pp. 249-260. 1999
- GALLOWAY I. **Design for support and support the design: integrated logistic support – the business case.** Logistics Information Management Volume 9, Number 1, pp. 24–31. 1996
- GITS C.W. **Design of maintenance concepts.** International Journal of Production Economics, 24, pp. 217-226. 1992
- GOVERS C.P.M. **What and how about quality function deployment (QFD).** Int. J. Production Economics. 46-47, pp. 575-585, 1996.
- GRUNERT K.G., ELLEGAARD C.. 1992. **The Concept of Key Success Factors: Theory and Method.** MAPP working papers no 4, October 1992, ISSN 0907 2101.

- HAN S. B., CHEN S. K., EBRAHIMPOUR M., SODHI M.S. **A conceptual QFD planning model.** International Journal of Quality & Reliability Management. Vol. 18 No. 8, pp. 796-812. 2001.
- HANGOS K.M., CAMERON I.T. **The Formal Representation of Process System Modeling Assumptions and their Implications.** Computers Chem. Eng, Vol. 21. 1997.
- HARRISON E. F. **Strategic planning maturities.** Management Decision, Vol. 33 No. 2, pp. 48-55. 1995.
- HASSANAIN M.A., FROESE T.M., VANIER D.J. **Development of a maintenance management model based on IAI standards.** Artificial Intelligence in Engineering. pp. 177-193. 2001
- HILL F.M., COLLINS L.K. **A descriptive and analytical model of organisational transformation.** International Journal of Quality & Reliability Management, Vol 17, No 9, pp. 966-983. 2000.
- HOUBEN G., LENIE K., VANHOOF K. **A knowledge-based SWOT-analysis system as an instrument for strategic planning in small and medium sized enterprises.** Decision Support Systems 26. 1999.
- IRELAND F., DALE B.J. **A study of total productive maintenance implementation.** Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 7 No. 3, pp. 183-191. 2001
- JAMBEKAR ANIL B. **A systems thinking perspective of maintenance, operations, and process quality.** Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol 6, N° 2. 2000.
- JOHANNSEN C.G. **Total quality management in a knowledge management perspective.** Journal of Documentation, Vol. 56, No. 1, January 2000.
- KAANICHE M., LAPRIE J.C., BLANQUART J.P. **Integration de la sûreté de fonctionnement dans l'ingenierie des systemes.** Rapport LAAS N° 99442. 1999.
- KARDEC A., NASCIF J. 2003. **Manutenção: Função Estratégica.** Ed. Qualitymark.
- KERZNER H, 2000. **Gestão de projetos, as melhores práticas.** Editora Bookman.
- KHAN F.I., HADDARA M.M. **Risk-based maintenance (RBM): a quantitative approach for maintenance/inspection scheduling and planning.** Journal of Loss Prevention in the Process Industries N° 16 pp. 561-573, 2003
- KNEZEVIC J., PAPIC L., VASIC B. **Sources of fuzziness in vehicle maintenance management.** Journal of Quality in Maintenance Engineering. Bradford: 1997. Vol. 3, Iss. 4. 1997.
- KOMONEN K. **A cost model of industrial maintenance for profitability analysis and benchmarking.** Int. J. Production Economics 79. 2002.
- KOSTIC S.B., ARANDJELOVIC V.D. **Dependability, a key factor to the quality of products.** International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 12 No. 7, 1995.

- KUMAR, U.D. **Analysis of fault tolerant systems operating under different stress levels during a mission.** International Journal of Quality & Reliability Management. Vol. 14 N°9. 1997.
- LAPRIE J.C., ARLAT J., BLANQUART J.P., COSTES A., CROUSET Y., DESWARTE Y., FABRE J.C., GUILLERMAIN H., KAÂNICHE M., KANOUN K., MAZET C. POWELL D., RABÉJAC C., THÉVENOD P. **Guide de la sûreté de fonctionnement.** Cepadué Editions. 1996.
- LIAO S. **Expert system methodologies and applications — a decade review from 1995 to 2004.** Expert Systems with Applications 28, pp. 93–103. 2005.
- LÖFSTEN H. **Measuring maintenance performance – in search for a maintenance productivity index.** International Journal of Production Economics 63, pp. 47-58. 2000.
- LOWE A., MCMAHON C., CULLEY S. **Characterising the requirements of engineering information systems.** International Journal of Information Management 24. pp. 401–422. 2004.
- MADU C.N. **Competing through maintenance strategies.** International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 17 No. 9, pp. 937-948 , 2000
- MANUELE F.A. **Serious injury prevention.** Occupational Health & Safety; 74, 6; ABI/INFORM Global, pg. 74-83; Jun 2005
- MÁRQUEZ A., HEGUEDA A. **Models for maintenance optimization: a study for repairable systems and finite time periods.** Reliability Engineering and Systems Safety. 75. 2002.
- MARTORELL S., SANCHEZ A., MUÑOZ A., PITARCH J. L., SERRADELL V. ROLDAN J. **The use of maintenance indicators to evaluate the effects of maintenance programs on NPP performance and safety.** Reliability Engineering & System Safety 65, pp. 85-94. 1999
- MASAHI T., FUMIO G. 1992. **TPM Implementation: a Japanese Approach,** Ed. Mc Graw-Hill, New York.
- MCKONE K., SCHOEDER R., CUA K. **The impact of total productive maintenance practices on manufacturing performance.** Journal of Operations Management 19. 2001. pp. 39-58.
- MOKASHIA A.J., WANGA J., VERMARB A.K. **A study of reliability-centred maintenance in maritime operations.** Marine Policy 26, pp. 325–335, 2002
- MURTHY D.N.P., ASGHARIZADEH E. **Optimal decision making in a maintenance service operation.** European Journal of Operation Research. 116. 1999.
- MURTHY D.N.P., ATRENS A., ECCLESTON J.A. **Strategic maintenance management.** Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 8 No. 4. 2002.
- OKUMUS F. **A framework to implement strategies in organizations.** Management Decision 41/9, pp. 871-882 , 2003
- OLEN K. **Improved quality of input data for maintenance optimization using expert judgment.** Reliability Engineering and Systems Safety 60. pp. 93-101. 1998.

- PEREZ L.R, **Sistematização da avaliação do desempenho do processo de projeto de produto.** Dissertação, Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.
- PINJALA S., PINTELON L., VEREECKE A. **An empirical investigation on the relationship between business and maintenance strategies.** Int. J. Production Economics (Article in press). Disponível em www.sciencedirect.com
- PINTELON L., NAGARUR N., VAN PUYVELDE F. **Case study: RCM: yes, no or maybe?** Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 5 No. 3, pp. 182-191 , 1999
- PRADO J. **Balanced scorecard.** Série empresarial e-Book 1a. Edição Junho 2002 em site <http://lauroprado.tripod.com/ezine/> acesso em 17 Maio 2004.
- PRICKETT P.W. **An integrated approach to autonomous maintenance management.** Integrated Manufacturing Systems. Vol. 10, No 4, pp. 233-242, 1999
- PUN K., CHIN K., CHOW M., LAU C.W. **An effectiveness-centred approach to maintenance management: A case study.** Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 8 No. 4, pp. 346-368. , 2002
- RANGONE A. **Linking organizational effectiveness, key success factors and performance measures: an analytical framework.** Management Accounting Research, Nº 8. 1997.
- RAUSAND M. **Reliability centered maintenance.** Reliability Engineering and System Safety. 60. 1998.
- RENTES A. **TransMeth - Proposta de uma Metodologia para Condução de Processos de Transformação de Empresas.** Universidade de São Paulo Escola de Engenharia de São Carlos. 2000.
- RIIS J.O., LUXHOJ J.T., THORSTEINSSON U. **A situational maintenance model.** International Journal of Quality & Reliability Management. Vol 14 No 4. pp. 349-366. 1997.
- ROMANO L. **Modelo de referência para o processo de desenvolvimento de máquina agrícola.** Tese, Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.
- SHERWIN D. **A review of overall models for maintenance management.** Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 6 No. 3, pp. 138-164. , 2000
- SIMEU-ABAZI Z., OLIVIER D., DESCOTES-GENOU B. **Analytical method to evaluate the dependability of manufacturing systems.** Reliability Engineering and Systems Safety 55. 1997.
- SWANSON L. **An information-processing model of maintenance management.** International Journal of Production Economics 83. 2003.
- SWANSON L. **Linking maintenance strategies to performance.** Int. J. Production Economics 70. 2001.
- TAVARES A. **Indices de mantenimiento.** RM. Revista de Mantenimiento - Chile – Nº 32. 2000.

- TEIXEIRA A. **Multicriteria decision on maintenance: spares and contract planning.** European Journal of Operational Research 129. 2001.
- TENG S., HO S. **Failure mode and effects analysis An integrated approach for product design and process control.** International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 13 No. 5, pp. 8-26, 1996.
- TOWILL D.R. **Industrial dynamics modelling of supply chains.** Logistics Information Management Volume 9 Number 4. 1996.
- TSANG A. **A strategic approach to managing maintenance performance.** Journal of Quality in Maintenance Engineering. Vol. 4 No. 2, pp. 87-94. 1998
- TSANG A. **Strategic dimensions of maintenance management.** Journal of Quality in Maintenance Engineering. Vol. 8 No. 1, pp. 7-39. 2002
- TSANG A., JARDINE A., KOLODNY H. **Measuring maintenance performance: a holistic approach.** International Journal of Operations & Production Management, Vol. 19 No. 7. 1999.
- TSUCHIYA, S. **Quality maintenance: zero defects through equipment management.** Productivity Press, Cambridge, MA, p.4, 1992.
- VANNESTE S.G., VAN WASSENHOVE. **An integrated and structured approach to improve maintenance.** European Journal of Operational Research 82. pp. 241-257. 1995
- VATN J., HOLKSTAD P., BODSBERG L. **An overall model for maintenance optimization.** Reliability Engineering and System Safety 51, pp. 241-257. 1996
- VERMA D. **System engineering and architecting: a global perspective.** Presentation at the North Star Chapter of INCOSE. 2002.
- WAEYENBERGH G., **CIBOCOF – A framework for industrial maintenance concept development.** Proefschrift vogedragen tot het behalen van het doctoraat inde Toegepaste Wetenschappen, Katholieke Universiteit Leuven, April 2005.
- WAEYENBERGH G., PINTELON L. **A framework for maintenance concept development.** International Journal of Production Economics 77, pp. 299-313. , 2002
- WANI M. F., GANDHI O. P. **Development of maintainability index for mechanical systems.** Reliability Engineering & System Safety 65, pp. 259-270. 1999.
- WOLSTENHOLME E. 1990. **System enquiry.** A system dynamics approach. Ed. Wiley.
- ZAKARIAN A., KUSIAK A. **Process analysis and reengineering.** Computers and Industrial Engineering 41. 2001.
- ZHAO Y.X. **On preventive maintenance policy of a critical reliability level for system subject to degradation.** Reliability Engineering and System Safety. 79. 2003.
- ZHENG Y.F., BANDYOPADHYAY A. **A dynamic approach to modeling of integrated manufacturing systems.** Computers in Industry 16. 1991.

ZHU G., GELDERS L., PINTELON L. **Object/objective-oriented maintenance management.**

Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 8, No. 4, pp. 306-318. , 2002

ANEXO A

DOCUMENTAÇÃO DA SISTEMÁTICA

Contém a documentação das planilhas para os itens principais desenvolvidos na sistemática e que são usados para a tomada de decisão.

A1. FLUXOGRAMA DA SISTEMÁTICA

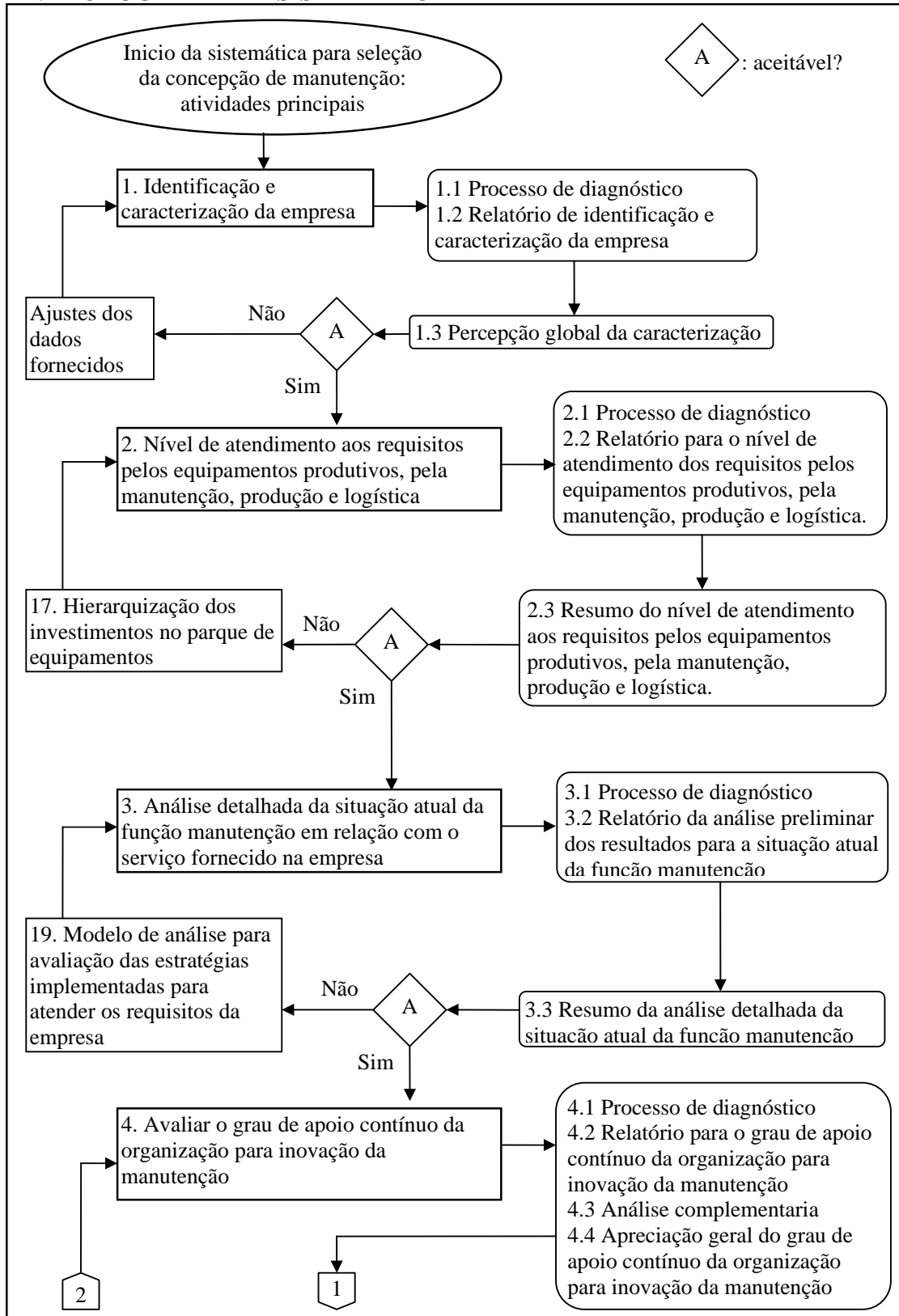


Fig.A1 Fluxograma da sistemática para seleção da concepção de manutenção

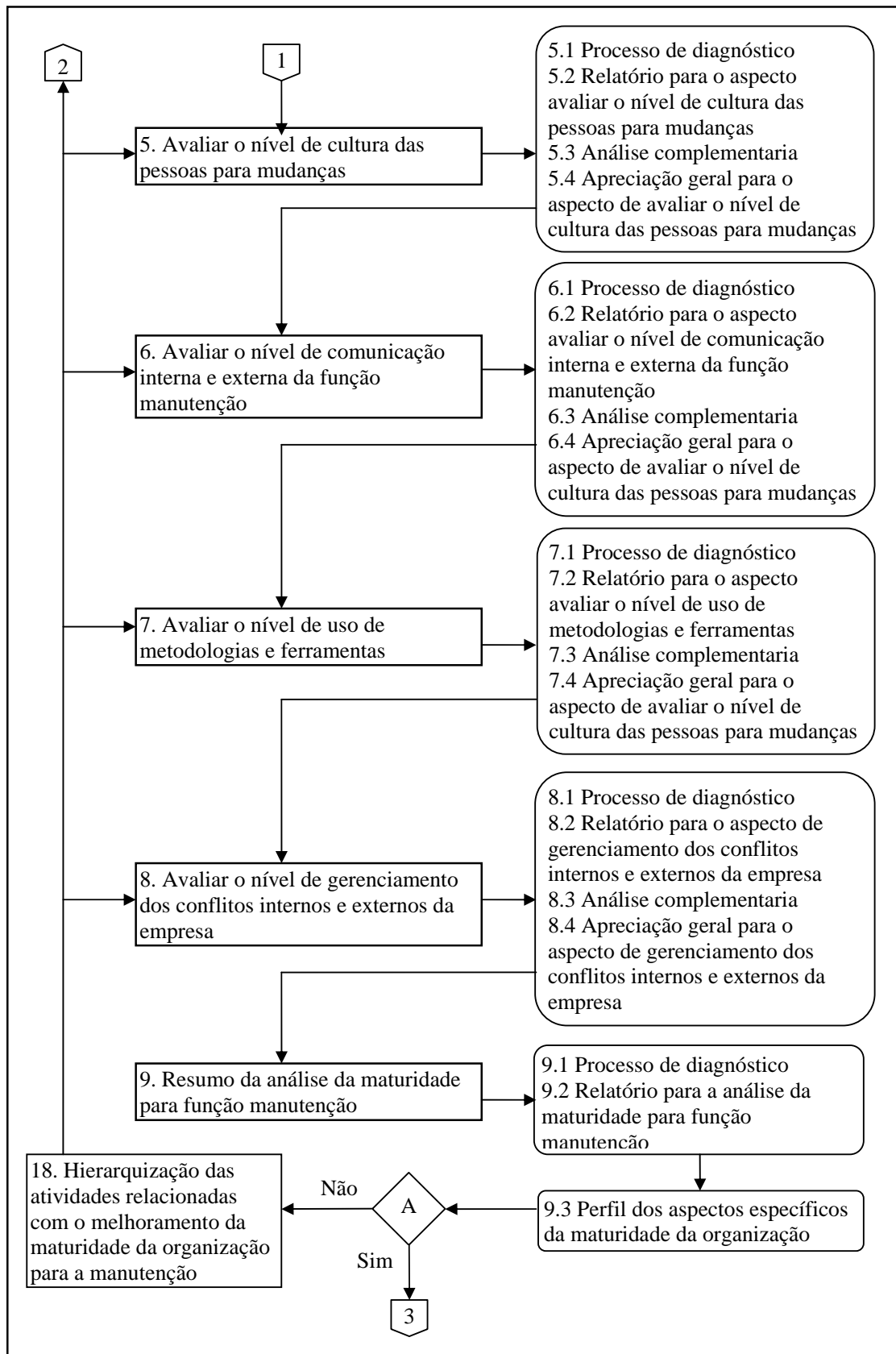


Fig. A1 (cont.) Fluxograma da sistemática para seleção da concepção de manutenção

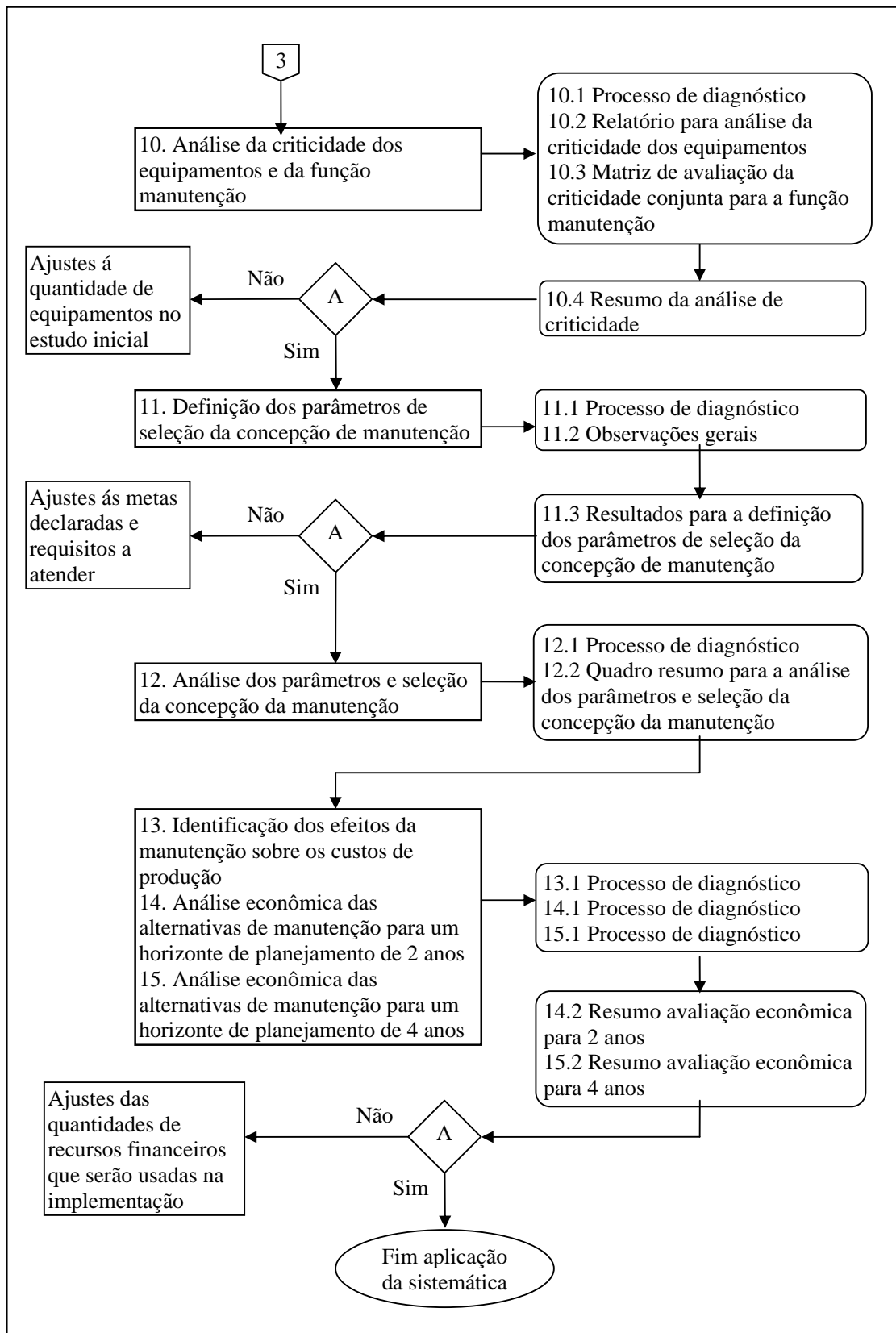


Fig. A1 (cont.) Fluxograma da sistemática para seleção da concepção de manutenção

A2 IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A2.1 Processo de diagnóstico: para a captura dos dados referente à identificação da empresa e suas características básicas deve-se preencher com valor 1 cada célula que corresponda à descrição da estrutura atual da empresa (Fig. A2):

1.1 Processo de diagnóstico

Valor 1 para identificar o tipo de empresa sob estudo

Valor 1 para identificar o tamanho de empresa sob estudo

Valor 1 nas células verde que melhor descrevam sua empresa (SP, 2004):

Tipo de empresa:	
1	Fabricação de produtos do fumo
2	Fabricação de bebidas
3	Fabricação de produtos alimentícios
4	Fabricação de produtos têxteis
5	Confeção de artigos do vestuário e acessórios
6	Prep. couros e fab. artefs. couro, artigos de viagem
7	Fabricação de calçados
8	Fabricação de móveis
9	Fabricação de produtos de madeira
10	Edição, impressão e reprodução de gravações
11	Fabricação de artigos de borracha

Tamanho da empresa:	
Micro empresa:	1 a 9 funcionários
Pequena empresa:	10 a 99 funcionários
Média empresa:	100 a 499 funcionários
Grande empresa:	500 e mais funcionários

Relação colaborador de produção por equipamento no setor analisado:	
Relação maior que 1	
Relação igual a 1	
Relação menor que 1	

Idade dos equipamentos:

Fig. A2 Características para preencher o processo de diagnóstico

A2.2 Percepção global da caracterização: As regras implementadas no sistema semi-especialista para realizar a primeira análise dos dados introduzidos na identificação da empresa, têm as seguintes regras (Fig. A3):

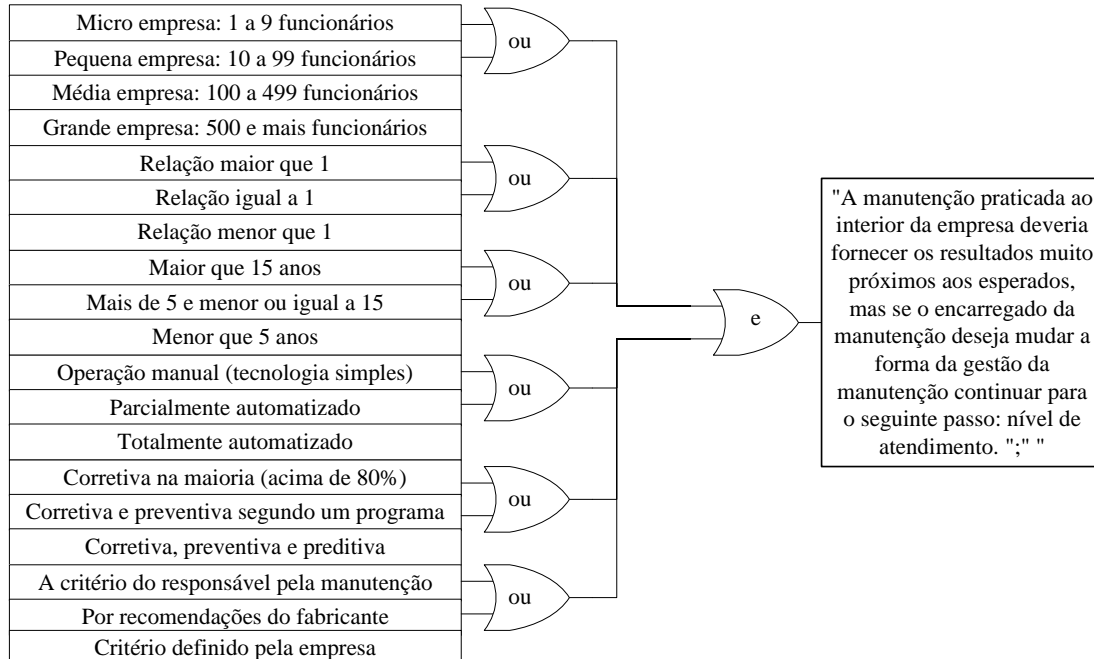


Fig. A3 Regras definidas para a percepção global da caracterização da empresa

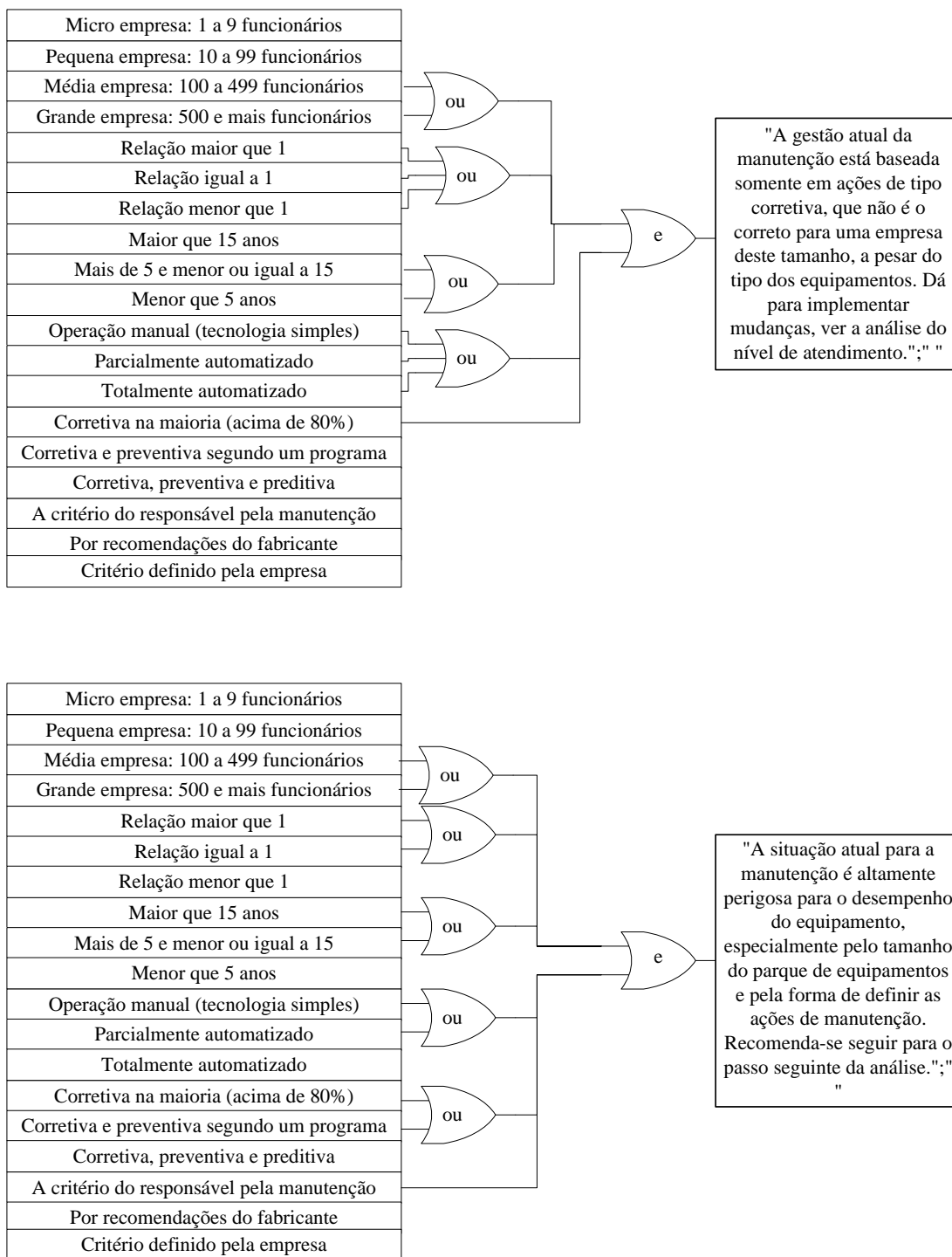


Fig. A3 (cont) Regras definidas para a percepção global da caracterização da empresa

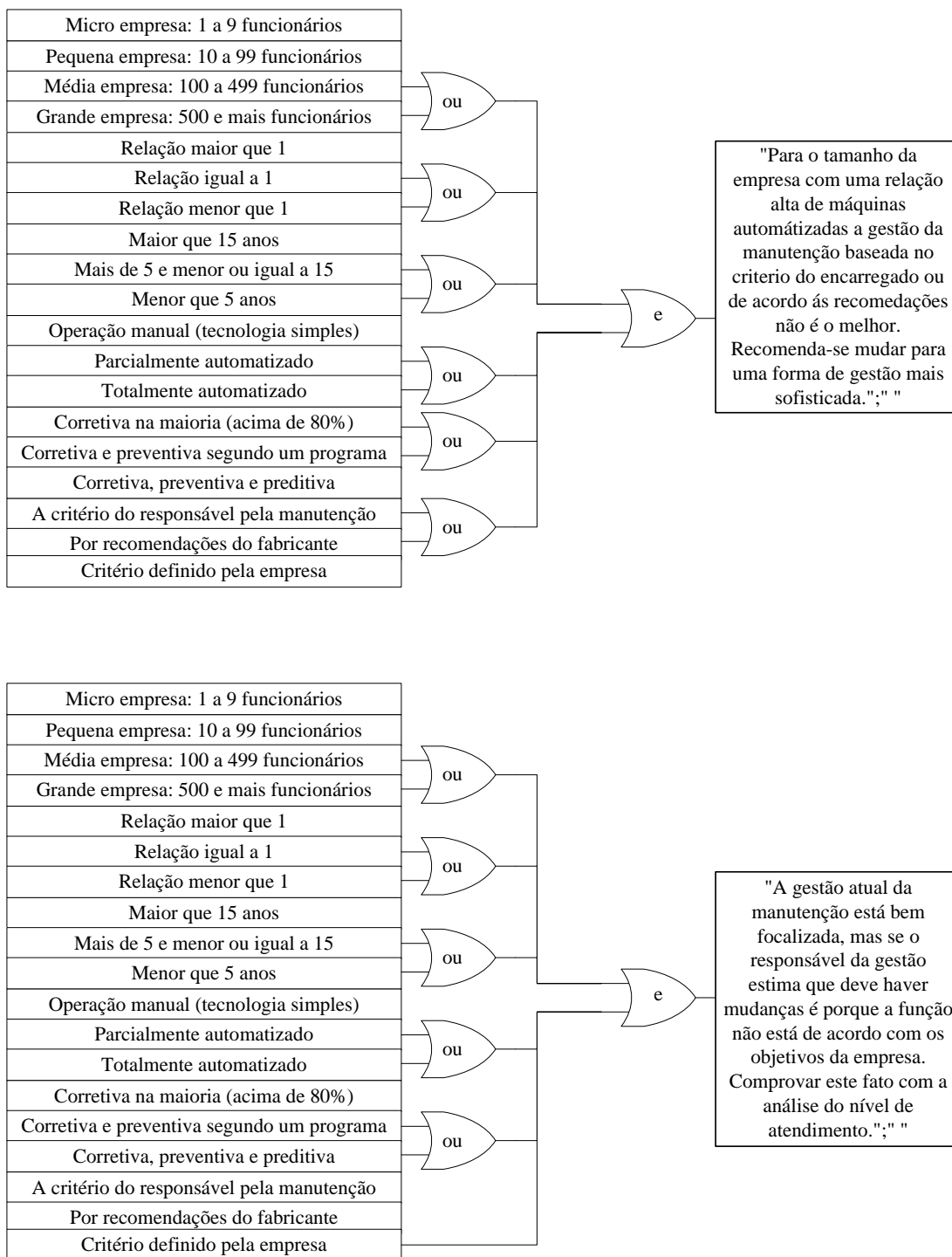


Fig. A3 (cont) Regras definidas para a percepção global da caracterização da empresa

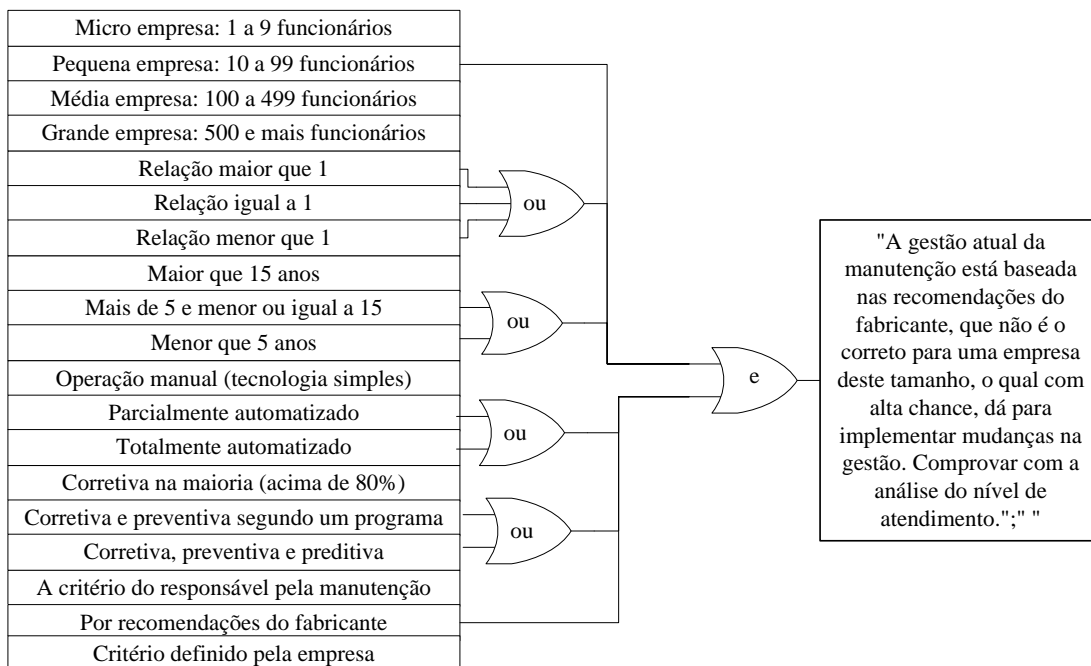
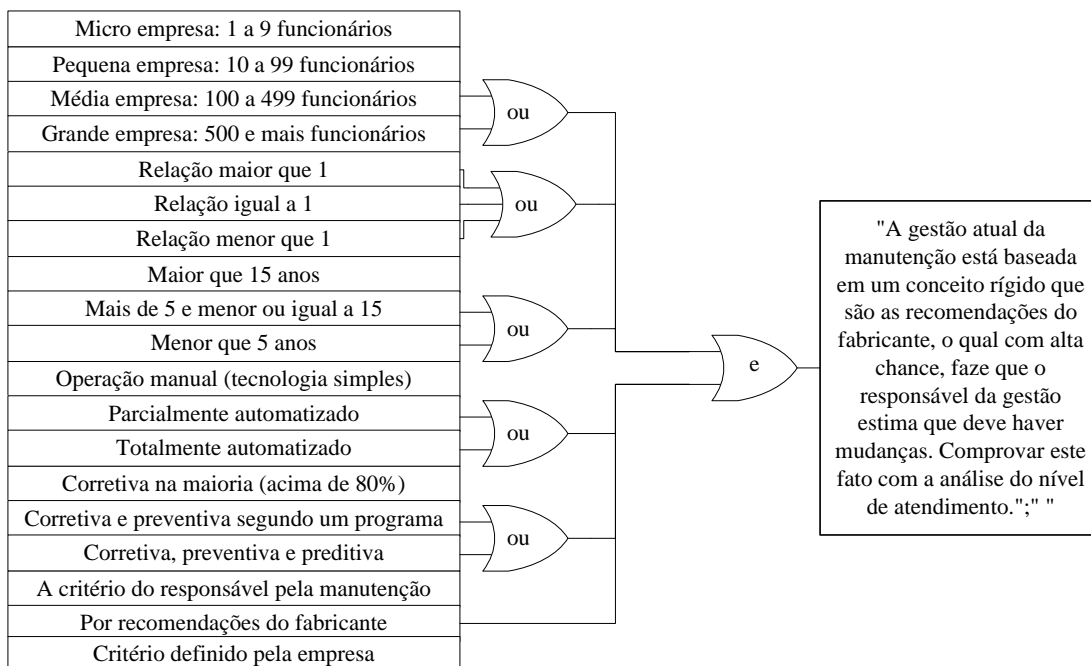


Fig. A3 (cont) Regras definidas para a percepção global da caracterização da empresa

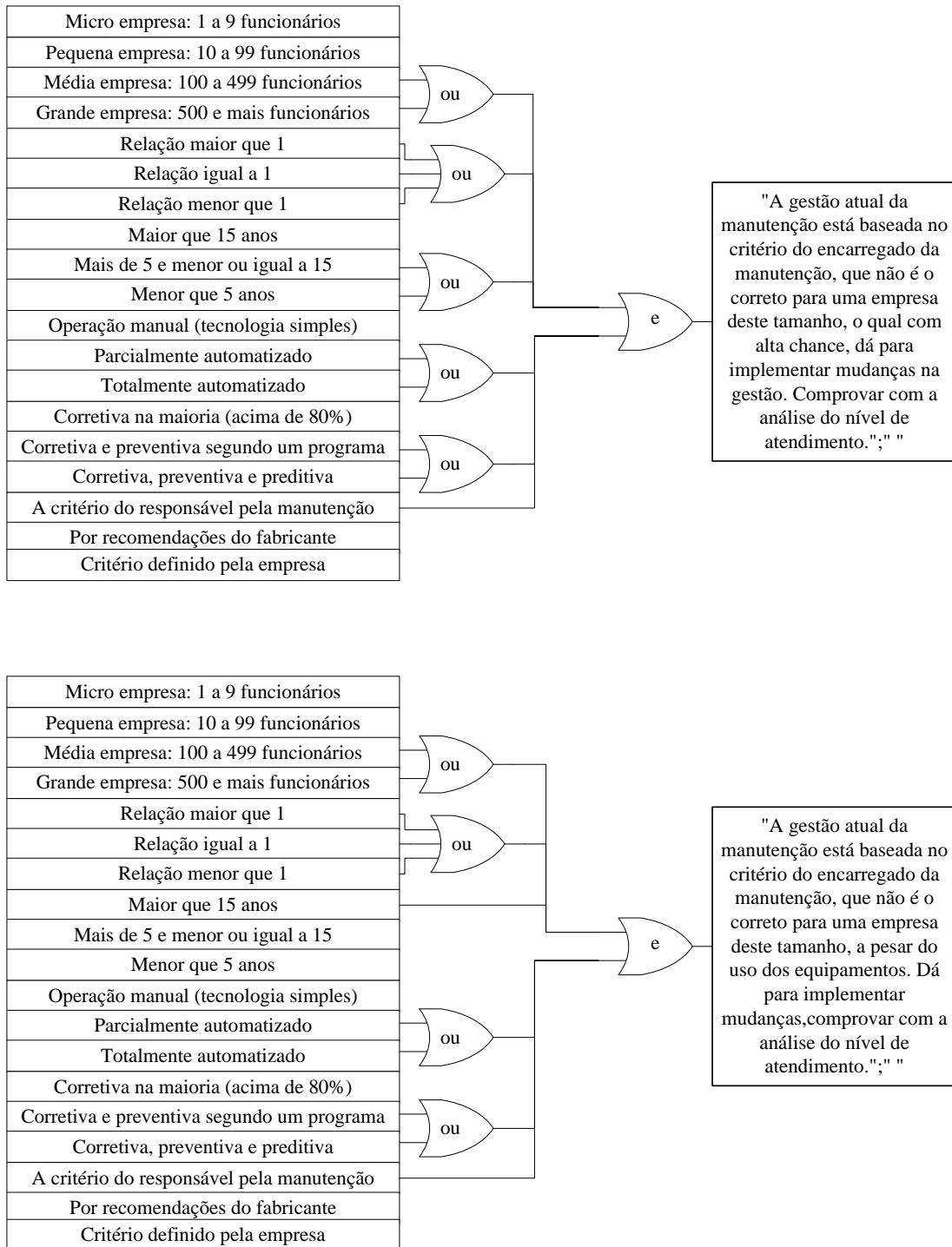


Fig. A3 (cont) Regras definidas para a percepção global da caracterização da empresa

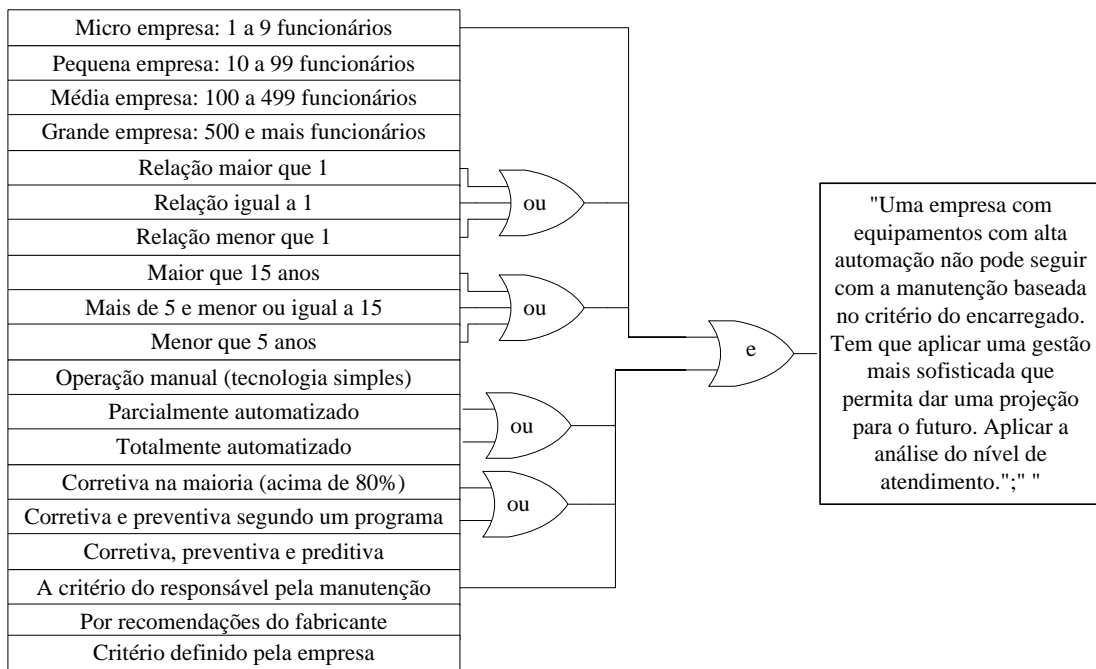
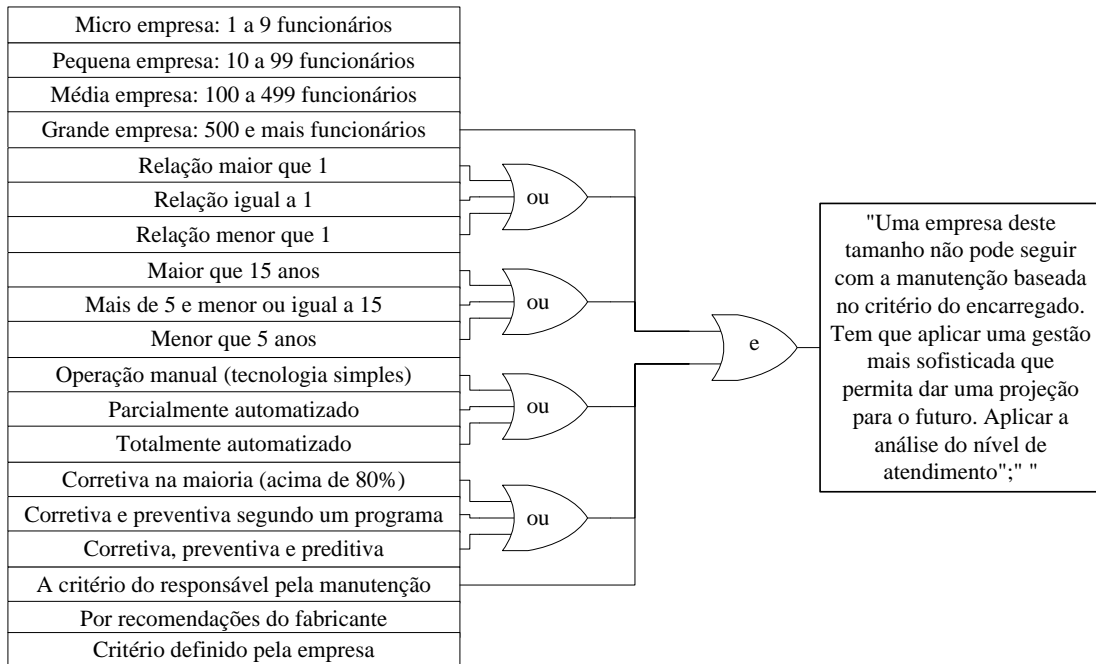


Fig. A3 (cont) Regras definidas para a percepção global da caracterização da empresa

A3 NÍVEL DE ATENDIMENTO AOS REQUISITOS PELOS EQUIPAMENTOS PRODUTIVOS, PELA MANUTENÇÃO, PRODUÇÃO E LOGÍSTICA

A3.1 Processo de diagnóstico: A forma correta para realizar a análise sobre o grau de atendimento de cada recurso da empresa para cada um dos requisitos que têm que ser atendidos, respondendo a pergunta: como o recurso j (equipamentos ou serviços) atende ao requisito i (no presente e em um futuro muito próximo)?

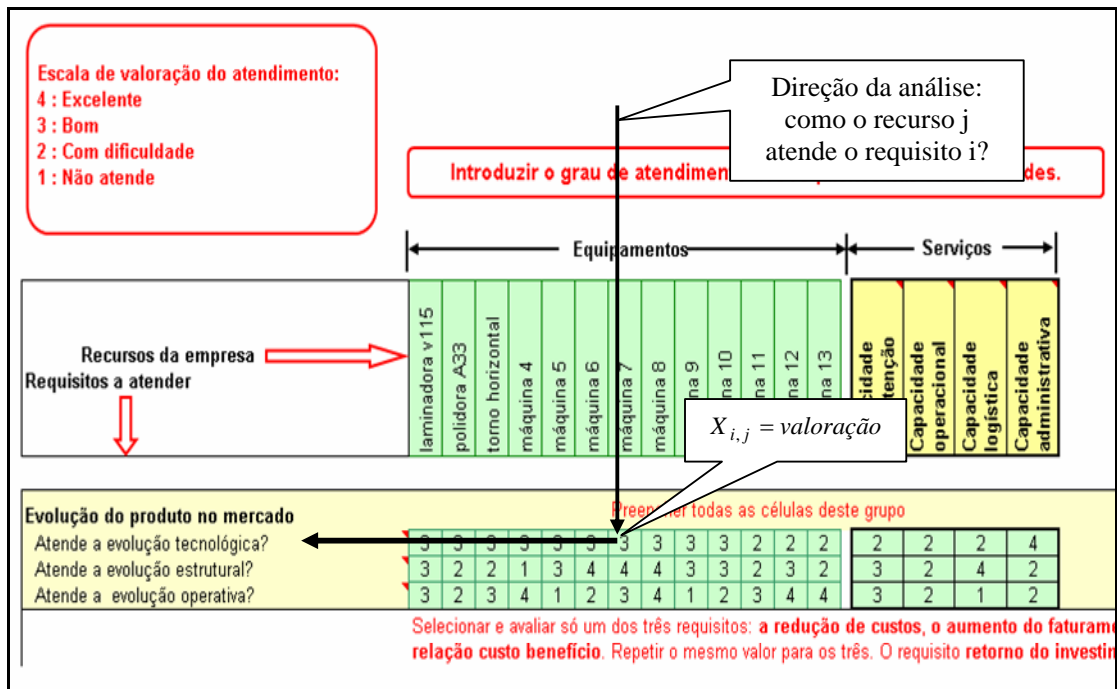


Fig. A4 Forma de efetuar a análise do grau de atendimento

A implementação inicial da sistemática contempla a análise para treze equipamentos e em caso que esse número precise ser alterado, recomenda-se ter em conta os seguintes aspectos: para aumentar o número de máquinas, basta introduzir novas colunas na planilha entre a posição da primeira e última coluna e no caso de diminuir a quantidade de equipamentos ajustar o número de colunas (não as apagar) para que deste modo o cálculo do valor médio seja correto (Fig. A5). Para obter os valores médios que presente no gráfico de atendimento ir para a posição AA74 na planilha “2. Nível de atendimento aos requisitos pelos equipamentos produtivos, pela manutenção, produção e logística”.

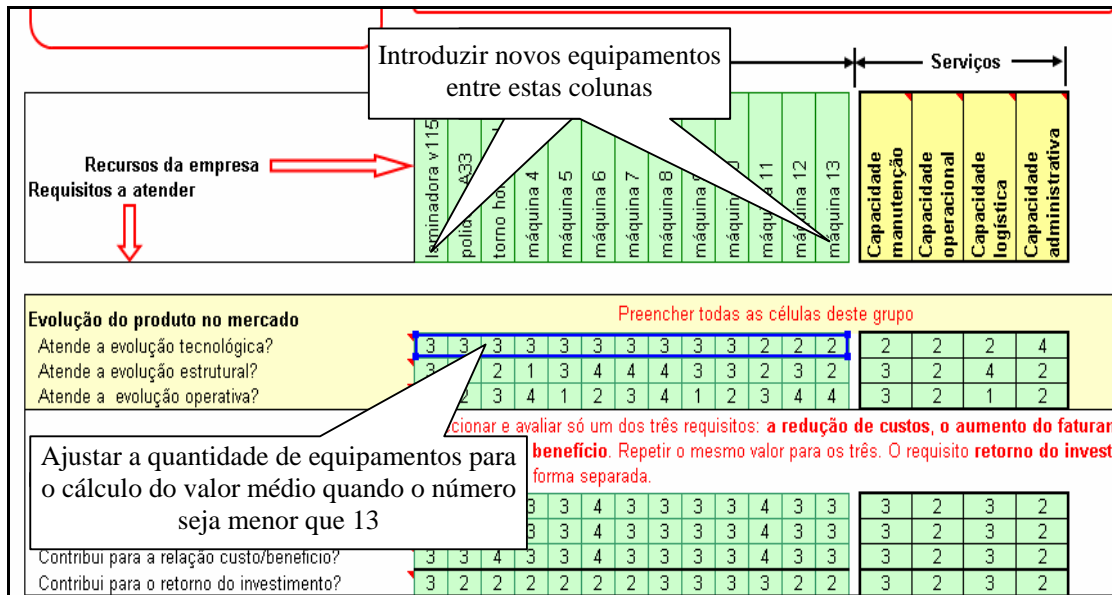


Fig. A5 Variação do número de equipamentos da análise

A3.2 Resumo do nível de atendimento aos requisitos pelos equipamentos produtivos, pela manutenção, produção e logística: O resultado final para o nível de atendimento se apresenta como a percentagem dos equipamentos e serviços que alcançam o nível de bom ou superior. O procedimento de cálculo se mostra na Fig.A6.

<p>Equipamentos mais serviços</p>	$Perc_1 = \frac{\sum V_{i,j}}{\sum W_{i,j}} \quad \forall j$ <p>onde : $i =$ requisito a atender $j =$ equipamentos, serviços</p> $com : V_{i,j} = \begin{cases} 1 & \forall X_{i,j} = 3,4 \\ 0 & \forall X_{i,j} = 1,2 \end{cases}$ $W_{i,j} = 1 \quad \forall X_{i,j} = 1,2,3,4$
<p>Somente os equipamentos</p>	$Perc_2 = \frac{\sum V_{i,j}}{\sum W_{i,j}} \quad \forall j$ <p>onde : $i =$ requisito a atender $j =$ equipamentos</p> $com : V_{i,j} = \begin{cases} 1 & \forall X_{i,j} = 3,4 \\ 0 & \forall X_{i,j} = 1,2 \end{cases}$ $W_{i,j} = 1 \quad \forall X_{i,j} = 1,2,3,4$

Fig. A6 Procedimento para o cálculo da percentagem de atendimento

<p>Somente os serviços</p>	$Perc_3 = \frac{\sum_i V_{i,j}}{\sum_i W_{i,j}} \quad \forall j$ <p>onde : $i =$ requisito a atender $j =$ serviços</p> <p>com : $V_{i,j} = \begin{cases} 1 & \forall X_{i,j} = 3,4 \\ 0 & \forall X_{i,j} = 1,2 \end{cases}$</p> $W_{i,j} = 1 \quad \forall X_{i,j} = 1,2,3,4$
<p>Somente o serviço de manutenção</p>	$Perc_4 = \frac{\sum_i V_{i,j}}{\sum_i W_{i,j}} \quad \forall j$ <p>onde : $i =$ requisito a atender $j =$ serviço de manutenção</p> <p>com : $V_{i,j} = \begin{cases} 1 & \forall X_{i,j} = 3,4 \\ 0 & \forall X_{i,j} = 1,2 \end{cases}$</p> $W_{i,j} = 1 \quad \forall X_{i,j} = 1,2,3,4$

Fig. A6 (cont.) Procedimento para o cálculo da percentagem de atendimento

A4 ANÁLISE DETALHADA DA SITUAÇÃO ATUAL DA FUNÇÃO MANUTENÇÃO EM RELAÇÃO COM O SERVIÇO FORNECIDO NA EMPRESA

A4.1 Processo de diagnóstico: O procedimento para preencher as células se mostra na Fig. A7.

3.1 Processo de diagnóstico

		Planejamento	Organização	Análise	Exe	Con
Aspectos técnicos	Funções administrativas → Áreas de atuação da manutenção ↓					
	Serviços da manutenção	1	2	3	4	2
	Qualidade dos serviços da manutenção	2	3	3	3	3
	Métodos de trabalho da manutenção	2	3	3	2	1
	← Recursos da manutenção	2	2	3	2	4
	← Materiais da manutenção	2	3	4	3	2
Aspectos humanos	Controle das atividades da manutenção	2	3	4	2	4
	Relações internas da manutenção	2	3	4	3	1
	Relações externas da manutenção	2	2	3	3	2
Aspectos económicos	Organização da função manutenção	2	2	3	3	2
	Estrutura da manutenção	2	3	3	4	3
	Economia da manutenção	2	3	3	4	4
	Economia da produção	1	4	3	2	1

Direção da análise: como a gestão atual especifica ou define a função administrativa j para atender o aspecto i?

4 : Definida ou especificada totalmente
 3 : Definida ou especificada em alta percentagem
 2 : Definida ou especificada com deficiências
 1 : Sem definição ou especificação

Introduzir o grau de atendimento dos requisitos nas células verdes.

$X_{i,j} =$ valoração

Fig. A7 Análise da especificação da função administrativa para cada área de atuação

A análise deve ser dirigida para capturar a realidade sobre a forma como é realizada a gestão da manutenção. O objetivo é detectar áreas na administração que ainda estão com deficiências ou não estão bem estruturadas, o qual causa um impacto negativo no desempenho atual da gestão da manutenção e que de certa forma vão entorpecer a implementação de uma nova concepção da manutenção.

A4.2 Resumo da análise detalhada da situação atual da função manutenção: O resultado final para a análise da situação atual da gestão da manutenção se apresenta como o valor médio para cada função administrativa. O procedimento de cálculo se mostra na Fig. A8, tendo em consideração 12 aspectos e $X_{i,j}$ é o valor introduzido pelo analista.

Planejamento:	$\frac{\sum_{i=1}^{12} X_{i,j}}{12} \quad \text{para } j = 1 \text{ (planejamento)}$
Organização:	$\frac{\sum_{i=1}^{12} X_{i,j}}{12} \quad \text{para } j = 2 \text{ (organização)}$
Análise:	$\frac{\sum_{i=1}^{12} X_{i,j}}{12} \quad \text{para } j = 3 \text{ (análise)}$
Execução:	$\frac{\sum_{i=1}^{12} X_{i,j}}{12} \quad \text{para } j = 4 \text{ (execução)}$
Controle:	$\frac{\sum_{i=1}^{12} X_{i,j}}{12} \quad \text{para } j = 5 \text{ (controle)}$

Fig. A8 Procedimento para o cálculo do valor medio do nivel de definição de cada função administrativa

A5 RESUMO DA ANÁLISE DA MATURIDADE PARA FUNÇÃO MANUTENÇÃO

A5.1 Processo de diagnóstico: O relatório para a análise de maturidade (Fig. A10) está feito com base no valor médio obtido para cada aspecto considerado na determinação do nível de maturidade e que foi determinado em planilhas anteriores (Fig. A9). Corresponde nesta planilha ao usuário introduzir o valor do ponderador para realizar o cálculo final e posterior análise da maturidade da função manutenção e do resto das funções relacionadas com manutenção (Fig. A11).

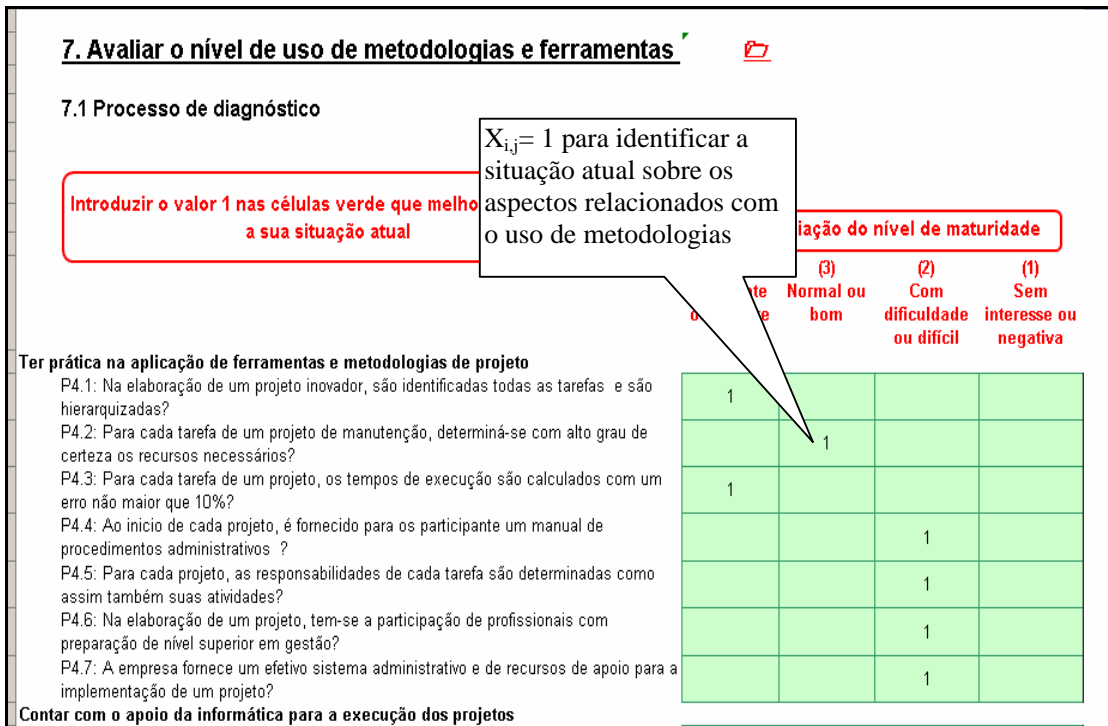


Fig. A9 Tela de captura de dados para a análise do nível de uso de metodologias

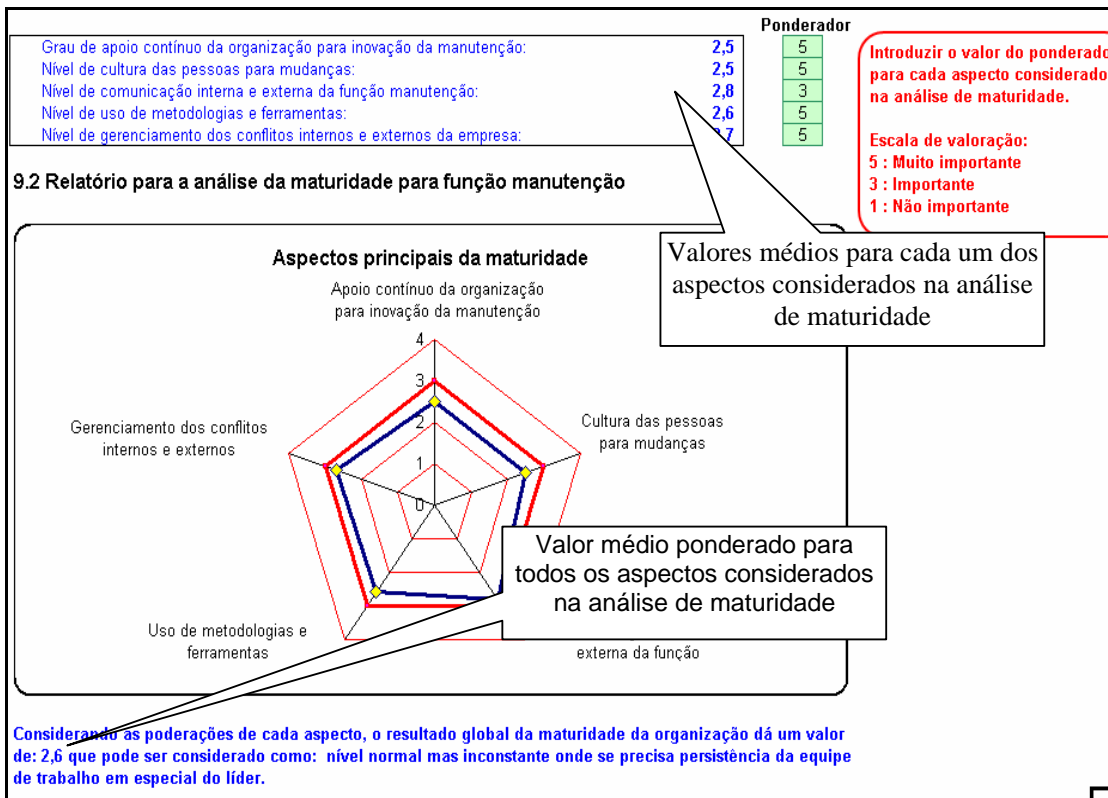


Fig. A10 Relatório para a análise de maturidade

Grau de apoio contínuo da organização para inovação da manutenção:	$M_1 = \frac{1}{23} \sum_1^{23} (1 * X_{i,1} + 2 * X_{i,2} + 3 * X_{i,3} + 4 * X_{i,4})$ <i>para o aspecto apoio contínuo</i>
Nível de cultura das pessoas para mudanças:	$M_2 = \frac{1}{18} \sum_1^{18} (1 * X_{i,1} + 2 * X_{i,2} + 3 * X_{i,3} + 4 * X_{i,4})$ <i>para o aspecto cultura para mudanças</i>
Nível de comunicação interna e externa da função manutenção:	$M_3 = \frac{1}{16} \sum_1^{16} (1 * X_{i,1} + 2 * X_{i,2} + 3 * X_{i,3} + 4 * X_{i,4})$ <i>para o aspecto comunicação</i>
Nível de uso de metodologias e ferramentas:	$M_4 = \frac{1}{17} \sum_1^{17} (1 * X_{i,1} + 2 * X_{i,2} + 3 * X_{i,3} + 4 * X_{i,4})$ <i>para o aspecto metodologias e ferramentas</i>
Nível de gerenciamento dos conflitos internos e externos da empresa:	$M_5 = \frac{1}{16} \sum_1^{16} (1 * X_{i,1} + 2 * X_{i,2} + 3 * X_{i,3} + 4 * X_{i,3})$ <i>para o aspecto gerenciamento dos conflitos</i>
Resultado global da maturidade da organização	$M_G = \frac{M_1 * p_1 + M_2 * p_2 + M_3 * p_3 + M_4 * p_4 + M_5 * p_5}{p_1 * p_2 * p_3 * p_4 * p_5}$ <i>onde p_i : o ponderador de cada aspecto da maturidade</i>

Fig. A11 Relações matemáticas para o aspecto da maturidade

A6 ANÁLISE DA CRITICIDADE DOS EQUIPAMENTOS E DA FUNÇÃO MANUTENÇÃO

A6.1 Processo de diagnóstico: A forma para a captura de dados é mostrada na Fig A12.

Introduzir a ponderação para cada critério do fator de criticidade do equipamento (a soma = 100)

Fator de velocidade de manifestação da falha	25	soma = 100
Fator de segurança de pessoal e ambiente	25	
Fator de custos do paro de produção	25	
Fator de custos de reparação	25	

10.1 Processo de diagnóstico

$X_{ij} = 1$ para identificar a situação atual sobre os aspectos relacionados com a criticidade do equipamento i

Valor p_k para identificar a ponderação de cada factor que influi na criticidade do equipamento

Fatores Equipamentos	Fator de criticidade							
	Muito curto, não dá tempo para deter a máquina	Suficiente, é possível programar a intervenção	Sem consequências	temporal sobre pessoas, não afeta o ambiente	Efeito temporal sobre as pessoas e ambiente	Efeito irreversível sobre as pessoas	Efeito irreversível sobre as pessoas e ambiente	
laminadora v115	1						1	
polidora A33		1					1	
torno horizontal máquina 4		1						1
máquina 5			1					
máquina 6			1					
máquina 7		1			1			
máquina 8		1			1			
máquina 9		1			1			
máquina 10			1			1		

Fig. A12 Captura de dados para avaliar a criticidade dos equipamentos

A6.2 Relatório para análise da criticidade dos equipamentos: O resultado final da análise da criticidade de cada equipamento se apresenta como o valor ponderado. O procedimento de cálculo se mostra na Fig.A13.

Equipamento	Valor	Criticidade
Equipamento <i>i</i>	$Crit_{i,1} = p_1(X_{i,1} + 0,5X_{i,2} + 0,2X_{i,3})$ $Crit_{i,2} = p_2(0,3X_{i,5} + 0,6X_{i,6} + 0,8X_{i,7} + X_{i,8})$ $Crit_{i,3} = p_3(0,6X_{i,10} + X_{i,11})$ $Crit_{i,4} = p_4(X_{i,12} + 0,5X_{i,13} + 0,1X_{i,14})$ $CRIT_i = Crit_{i,1} + Crit_{i,2} + Crit_{i,3} + Crit_{i,4}$ $\forall i = 1, \dots, m$ <p><i>m</i> = número de equipamentos <i>p</i>₁ = ponderador fator de velocidade <i>p</i>₂ = ponderador fator de segurança <i>p</i>₃ = ponderador fator de custos do paro <i>p</i>₄ = ponderador fator de custos de reparação</p>	<p>se $CRIT_i \geq 87$; Crítico</p> <p>se $87 < CRIT_i \geq 50$; Semi – crítico</p> <p>se $CRIT_i < 50$; Não crítico</p>

Fig. A13 Procedimento para calcular a criticidade de um equipamento

A7 ANÁLISE DOS PARÂMETROS E SELEÇÃO DA CONCEPÇÃO DA MANUTENÇÃO

A7.1 Filtro para seleção das concepções: Os aspectos relacionados com a gestão da manutenção e a maturidade da organização são tratados na primeira parte da estrutura do filtro (Fig. A14) e todos os aspectos relacionados com tecnologia, tipo de produção, grau de automação, idade dos equipamentos, confiabilidade, manutenibilidade, segurança esperada, entre outros aspectos são tratados na segunda estrutura do filtro (Fig. A15). O resultado entregue é a percentagem de aspectos cujo nível é igual ou maior que o nível mínimo fixado para a empresa.

O valor atual que é mencionado no filtro considerado para a concepção da manutenção é o valor meio de um conjunto de aspectos relacionados com o requisito solicitado para atender a concepção estudada e cujos valores já foram introduzidos em planilhas anteriores. Por isso é importante que todas as planilhas sejam preenchidas, ou bem, se o aspecto não é importante introduzir o valor 1 como nível para esse requisito e assim desta forma qual seja o valor introduzidos nas planilhas cumprirá com o valor mínimo exigido. Caso contrário, se deseja eliminar uma concepção da análise introduzir o valor 9 na célula azul e não introduzir valor nenhum nas células cor turquesa e deste modo o resultado emitido pelo filtro será 0%.

Para inviabilizar algum parâmetro introduza o valor 9 na célula correspondente

O valor ingressado nas células azuis, pelo facilitador, reflete o nível mínimo que deve alcançar o item em questão, para que se possa implementar a concepção da manutenção selecionada.

Concepções	Requisitos	Apoio organizacional	Manejo da informação	Capacit. aprendizagem	Capacidade tecnológica dos equipamentos	Gestão
		4: Excelente 3: Normal ou esperado 2: Normal mas inconstante 1: Distante ou difícil	4: Excelente 3: Normal ou esperado	4: Muito frequente 3: Normal ou esperado 2: Inconstante ou difícil	4: Atendimento excelente 3: Atendimento bom 2: Atendimento com dificuldade 1: Não atende os requisitos	4: Altam enfocada 3: Bem eficiente 2: Não a eficiência 1: Deser enfoque
1	Tero-Tecnologia avançada	3,2	3,5	3	3	
	Valor atual	2,3	2,6	2,3	2,33	
2	Manutenção estratégica	3	4	3	3	
	Valor atual	2,4	2,8	3	2,33	
3	M. centrada na confiabilidade	3	3	4	3	
	Valor atual	2,5	2,6	2	2,33	
4	M. centrada no negocio	3,5	3,5	3	3	
	Valor atual	2,5		3	2,33	
5	Manutenção produtiva total	4		4	3	
	Valor atual	2,5		2,4	2,33	
6	Apoio logístico integrado	3		3	3	
	Valor atual	2,4		3	2,33	
7	M. com qualidade total	4	4	3	3	
	Valor atual	2,4	2,8	2,5	2,33	
8	Manutenção baseada no risco	3	3	3	3	
	Valor atual	2,5	2,2	2,5	2,33	

Valor mínimo declarado para o requisito da concepção

Valor real do aspecto considerado para atender à concepção

Fig. A14 Nível mínimo para atender os requisitos da concepção relacionados com a gestão, maturidade e tecnologia

O valor ingressado nas células turquesa, pelo facilitador, indica o requisito para o qual a concepção da manutenção está mais enfocada ou acompanha melhor a gestão da manutenção.

Forma da produção	Tecnologia usada	Confiabilidade declarada	Ponderação dos requisitos	O m								
				1	2	3	4	5	6	7		
1: Fluxo contínuo 2: Repetitivo em massa 3: Repetitivo em lotes 4: Lotes por projeto MAIS 5: Sob-medida 6: Padronizados	1: Tecnologia simples 2: Tecnologia semi-automática 3: Tecnologia automatizada 4: Tecnologia avançada	1: Aumentar a confiabilidade da linha e manter a segurança e a qualidade 2: Alta confiabilidade e aumentar a produtividade	1: Evolução do produto no mercado 2: Resultados econômicos esperados 3: Produtividade dos equipamentos 4: Qualidade da produção 5: Fluxos de massa e energia 6: Regulamentação meio ambiental 7: Requisitos de segurança									
				1	2	3	4	5	6	7		
				9	9	3	9	9	6	9	9	9
				1	2	3	4	5	6			
				9	9	3	9	9	6	9	9	9
				1		3					6	7
				9	9	3	9	9	6			
				2	3	4	5	6				
				9	9	3	9	9	6	9	9	9
				1	2	3			6	1		
				9	9	3	9	9	6			
				2	3		5	6				
				9	9	3	9	9	6			
				1	2	3	4	5	6	7		
				9	9	3	9	9	6			
				1	2	3	4	5	6	7		
				9	9	3	9	9	6			

Se estes valores coincidem significa que a concepção atende essa característica

Significa que esta concepção dá bom resultado para a forma de produção repetitiva em massa

Fig. A15 Nível mínimo para atender os requisitos da concepção relacionados com tipo de produção, metas declaradas, confiabilidade esperada, etc.

A8 ANÁLISE ECONÔMICA DAS ALTERNATIVAS DE MANUTENÇÃO PARA UM HORIZONTE DE PLANEJAMENTO DADO

A8.1 Processo de diagnóstico: A captura dos dados financeiros é realizada mediante a planhila mostrada na Fig. A16.

8 Manutenção baseada no risco:										
Análise econômica para um horizonte de 2 anos										
em milhares de reais										
Ano 1 (período bimestral)										
Identificação dos benefícios										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12
Aumento da produção por redução de produção defeituosa (menor quantidade de rejeitos e reprocessos)	2,4	2,6	3							2
Aumento da produção por maior disponibilidade dos equipamentos (menor tempo perdido, reduzido set-up, aumento da produção por maior produtividade (reduzido tempo de entrega, menos emergências, etc.))	3	3	3							3,8
Diminuição de estoques de peças sobressalentes, partes e equipamentos em bodegagem	8	8	8	8	8	8	8	8	6	6
Redução dos inventários de produtos intermediários nas linhas de produção (batch sizes)	2	1,5	1,5	2	2	2	2	2	2	2,2
Benefícios por maior vida útil dos equipamentos e diminuição de serviços extraordinários	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
Total benefícios:	19,4	20,1	21,5	23,2	24,5	26	29	29,5		

Valor dos benefícios estimados para cada período na análise financeira

Identificação dos custos										
em milhares de reais										
a.- Item de capacitação										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12
Princípios metodológicos da manutenção centrada no risco	2	2								
Técnicas de avaliação física e econômica do risco	1,2	1,2			0,6	0,3				
Análise dos modos de falha e sua criticidade (FMECA)	2	2								
Definição das criticidades dos equipamentos	2	2	2	1,6	1,6					
Teoria das probabilidades y estatística para análise de riscos	1,6	1,6	1,6							

Valor dos custos estimados para cada período na análise financeira

Fig. A16 Captura dos dados para a análise financeira

A8.2 Indicadores financeiros usados

Indicador	Modelo
Taxa interna de retorno (TIR)	$0 = \sum_{t=1}^n \frac{(\sum B)_t - (\sum C)_t}{(1 + TIR)^t}$ <p>$n = \text{número de períodos considerados}$</p>
Benefício líquido atualizado (BLA)	$BLA = \sum_{t=1}^n \frac{(\sum B)_t - (\sum C)_t}{(1 + i)^t}$ <p>$n = \text{número de períodos considerados}$ $i = \text{taxa exigida aos projetos da empresa}$</p>

ANEXO B

QUESTIONÁRIOS PARA VALIDAÇÃO

Contém os questionários usados para a validação da sistemática

QUESTIONÁRIO B1



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

UMA METODOLOGIA PARA A IDENTIFICAÇÃO DE SISTEMAS DE GESTÃO PARA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL (SSCM)

QUESTIONÁRIO

1. Você entendeu o objetivo da metodologia?

Sim: Não: Parcialmente:

2. Você acha que a sistemática (SSCM) apresentada será fácil de ser implementada?

Sim: Não: Parcialmente:

3. Os aspectos considerados refletem o comportamento da sua empresa?

Sim: Não: Parcialmente:

4. Você acha que esta metodologia pode ajudar a definir, mais adequadamente, o gerenciamento de manutenção em sua empresa?

Sim: Não: Parcialmente:

5. Você acha que as “saídas” gráficas, relatórios e diagnóstico são adequados para orientar a escolha ou análise da concepção da manutenção?

Sim: Não: Parcialmente:

Você tem interesse em aplicar esta sistemática de seleção de concepção de manutenção em sua empresa?

Sim:

Nome do contacto:	
Empresa:	
Endereço:	
Telefone:	
E-mail:	

Não:

Muito obrigado.

QUESTIONÁRIO B2



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

**METODOLOGIA PARA A IDENTIFICAÇÃO DE SISTEMAS DE GESTÃO PARA
MANUTENÇÃO INDUSTRIAL (SSCM)**

QUESTIONÁRIO

Questões							
1. A sistemática SSCM abrange os aspectos mais importantes para apoiar a seleção de uma nova concepção da manutenção?							
<i>Abrange totalmente</i>		<i>Abrange em muitos aspectos</i>		<i>Abrange parcialmente</i>		<i>Não abrange</i>	
2. Os gráficos e relatórios da SSCM são adequados para decidir sobre a concepção da manutenção para a empresa?							
<i>Totalmente adequado</i>		<i>Adequado em muitos aspectos</i>		<i>Adequado parcialmente</i>		<i>Não é adequado</i>	
3. As informações da SSCM são adequadas para ter uma visão completa da potencialidade (ou fraquezas) da função manutenção na empresa?							
<i>São adequadas totalmente</i>		<i>São adequadas em muitos aspectos</i>		<i>São adequadas parcialmente</i>		<i>Não são adequadas</i>	
4. O texto presente no SSCM é de fácil entendimento, tanto nas perguntas quanto nos relatórios?							
<i>Totalmente entendível</i>		<i>Entendível em muitos aspectos</i>		<i>Entendível com dificuldade</i>		<i>Não é entendível</i>	
5. A SSCM é capaz de identificar a realidade da organização, quanto ao nível tecnológico, gestão e capacidade humana para a inovação da gestão da manutenção?							
<i>Identifica totalmente</i>		<i>Identifica em muitos aspectos</i>		<i>Identifica parcialmente</i>		<i>Não identifica</i>	
6. A SSCM permite orientar a relação da manutenção com outras áreas da empresa?							
<i>Permite totalmente</i>		<i>Permite em muitos aspectos</i>		<i>Permite parcialmente</i>		<i>Não permite</i>	

7. A SSCM permite visualizar outros aspectos da gestão para o desempenho da manutenção?							
<i>Permite totalmente</i>		<i>Permite em muitos aspectos</i>		<i>Permite parcialmente</i>		<i>Não permite</i>	
8. A seqüência de módulos da SSCM é a indicada para conduzir o estudo da inovação da manutenção?							
<i>Indicada totalmente</i>		<i>Indicada em muitos aspectos</i>		<i>Indicada parcialmente</i>		<i>Não é a indicada</i>	
9. O relatório final do SSCM deixa claro o que é necessário fazer para implementar uma nova concepção?							
<i>Deixa claro totalmente</i>		<i>Deixa claro em muitos aspectos</i>		<i>Deixa claro parcialmente</i>		<i>Não deixa claro</i>	
10 O relatório final do SSCM deixa claro o que é necessário fazer para aperfeiçoar a concepção atual?							
<i>Deixa claro totalmente</i>		<i>Deixa claro em muitos aspectos</i>		<i>Deixa claro parcialmente</i>		<i>Não deixa claro</i>	
11. A SSCM fornece à equipe de manutenção ferramentas para a tomada de decisão no planejamento da manutenção							
<i>Fornece totalmente</i>		<i>Fornece em muitos aspectos</i>		<i>Fornece parcialmente</i>		<i>Não fornece</i>	
12. A aplicação da SSCM fomentou o diálogo sobre o contexto da manutenção, na perspectiva de mudar de atitude diante das práticas utilizadas?							
<i>Fomentou totalmente</i>		<i>Fomentou em muitos aspectos</i>		<i>Fomentou parcialmente</i>		<i>Não fomentou</i>	
13. Que procedimento você sugere para facilitar a aplicação da sistemática?							
14. A partir da aplicação da SSCM, quais aspectos você identifica como novos em seu processo de tomada de decisão?							
Comentários da equipe:							

OBRIGADO PELA SUA COLABORAÇÃO