

SUMARIO

RESUMO	3
ABSTRACT	7
1 - MANUTENÇÃO INDUSTRIAL	5
1.1 - INTRODUÇÃO	5
1.2 - IMPORTÂNCIAS DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL	6
1.3 - AS INTERFACES	7
1.4 - ASPECTO DE UM DEPARTAMENTO DE MANUTENÇÃO	8
1.5 - ASPECTO VICIOSO	9
1.6 - O COMPORTAMENTO DOS PROFISSIONAIS DA MANUTENÇÃO	10
1.7 - GERENCIAMENTO	11
1.8 - RELAÇÃO MANUTENÇÃO X OPERAÇÃO	12
2 - MANUTENÇÃO INDUSTRIAL – UMA VISÃO GERAL	13
2.1 - INTRODUÇÃO	13
2.2 - HISTÓRICO	15
2.3 - IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO	16
2.4 - CONCEITO DE MANUTENÇÃO	17
2.5 - RECURSOS NECESSÁRIOS PARA REALIZAR A MANUTENÇÃO	19
2.6 - TIPOS DE MANUTENÇÃO	20
2.6.1 Manutenção corretiva	20
2.6.1.1 - manutenção corretiva não planejada	21
2.6.1.2 - manutenção corretiva planejada	22
2.6.2 - Manutenção preventiva	22
2.6.2.1 - Principais objetivos da manutenção preventiva	23
2.6.2.2 - Organização do plano de manutenção preventiva	24
2.6.3 - Manutenção preditiva	26
2.6.3.1 - Objetivo da manutenção preditiva	27
2.6.3.2 - Metodologia	28
2.6.3.3 - Falhas	29
2.6.3.4 - Formas de monitoramento	30
2.6.3.5 - Monitorando os parâmetros	31
3 - MODELOS DE CONCEPÇÃO DE MANUTENÇÃO E MODELOS PARA ANÁLISE DE GESTÃO	33
3.1 - INTRODUÇÃO	33
3.2 - INOVAÇÃO DA FUNÇÃO DE MANUTENÇÃO	34
3.3 - CONCEPÇÕES DE MANUTENÇÃO PARA UM SISTEMA INDUSTRIAL	39
3.4 - PRINCIPAIS CONCEPÇÕES DE MANUTENÇÃO	42
3.4.1 - Manutenção Centrada na Confiabilidade – MCC	43
3.4.2 - Manutenção Produtiva Total – TPM	45
3.4.3 - Manutenção Baseada no Risco – RBM	48
3.5 - MODELOS PARA A ANÁLISE DA SITUAÇÃO DA FUNÇÃO DE MANUTENÇÃO	50
3.5.1 - Modelo para análise da maturidade da função manutenção	51
3.5.2 - Diagrama de causalidade para avaliação técnica e definição de estratégias	51

4 –GESTÃO DE CUSTOS NA MANUTENÇÃO	54
4.1 - INTRODUÇÃO	54
4.2 - UM FEEDBACK NECESSÁRIO	55
4.3 - TERCEIRIZAÇÃO	56
4.4 - CUSTO PRÓPRIO X CONTRATADO	58
5 - MODELO DE MONITORAMENTO, CONTROLE E PLANEJAMENTO DA APLICAÇÃO DA CONCEPÇÃO DE MANUTENÇÃO	59
5.1 - INTRODUÇÃO	59
5.2 - GARANTIA DE FUNCIONAMENTO	60
5.3 - INDICADORES DE EFICIÊNCIA	61
5.4 - PROGRAMA COMPUTACIONAL PARA A APLICAÇÃO DA GARANTIA DE FUNCIONAMENTO	63
5.4.1 - Módulo inicial do programa computacional	65
5.4.2 - Indicador de confiança no equipamento (confiabilidade)	66
5.4.3 - Indicador de eficiência da manutenção (mantenabilidade)	68
5.4.4 - Indicador de acesso ao equipamento (disponibilidade)	69
5.4.5 - Indicador de segurança do equipamento (segurança)	71
5.4.6 - Índice global	71
5.4.7 - Indicador de melhoria no equipamento	72
5.4.8 - Indicador da eficiência de custo	73
5.4.9 - Informações complementares do programa	73
6 - CONCLUSÕES	74
6.1 - INTRODUÇÃO	74
6.2 – CONCLUSÕES	75
REFERÊNCIA Bibliográfica	78

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 tem 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.

1 – MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

1.1 INTRODUÇÃO

Um problema que muitas vezes é colocado na área da manutenção de máquinas é a respeito da adequação de uma determinada metodologia de manutenção (preventiva, preditiva, corretiva, TPM) para um sistema novo ou já operante. Normalmente este problema é tratado de duas formas opostas, ou como um exercício matemático onde as hipóteses geralmente utilizadas diminuem a praticidade dos modelos, ou então é considerado um problema estritamente prático, isto é, não passível de ser tratado metodologicamente e cuja resolução depende, da maior parte das vezes, dos conhecimentos subjetivos dos mantenedores.

O gerenciamento da atividade de manutenção foi até considerado uma arte negra. Com efeito, a atividade, embora seja uma área de ganho enorme no ramo industrial, era relegada a um plano inferior, do ponto de vista de gerenciamento. Somente a partir da década de 80, tendo a sociedade se movimentado de uma era industrial simples para uma era caracterizada pela alta tecnologia e complexidade, é que a manutenção está sendo obrigada a absorver tecnologias cada vez mais sofisticadas, inclusive o gerenciamento no seu amplo sentido, envolvendo aspectos comportamentais, terceirização, controle de custos, ferramentas da qualidade, procedimentos, indicadores, controles estatísticos, manutenção preditiva, relações com fornecedores e clientes. A extrema valorização da segurança no trabalho trouxe complexidade ainda maior para esta atividade.

Porém, independentemente do setor, as empresas são constituídas de bens de capital que consubstanciam a produção e que devem ser mantidos pelo tomador de decisão dentro de critérios específicos de uma lógica determinada.

Dentro desta problemática, discute-se a posição hierárquica de determinada ou processo dentro do sistema global, assim como efeitos decorrentes de quebras repentinas, tempo de reparo, custo associado, etc.

Objetiva-se com este estudo fornecer subsídios mais claros, para o tomador de decisão, destas dependências de fatores, na determinação da metodologia mais adequada de manutenção a ser aplicada a máquina ou processo em questão.

1.2 – IMPORTÂNCIAS DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

É evidente, em muitas áreas de atividades não ligadas à manutenção, o desconhecimento dessa atividade, o que leva as pessoas a subestimar sua importância em um processo industrial, principalmente em indústrias de processamento contínuo. Usualmente quando se fala em qualidade, logo se pensa em atuar junto à operação dos processos industriais. Poucos conseguem entender o quanto a manutenção está pesadamente envolvida com o processo, via disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos. Algumas fábricas, principalmente as japonesas, perceberam logo a grande importância da manutenção. Nessas empresas, o processo inteiro de qualidade, principalmente no que tange ao processo produtivo, recebe o nome de Manutenção Produtiva Total (TPM – da sigla em inglês).

O total de gastos com manutenção nas indústrias gira em torno de 2% e 8% do faturamento bruto, dependendo do tipo de indústrias. A Associação Brasileira de manutenção, Abraman, em seu “Documento Nacional de 2005”, informa ser o custo total da manutenção no Brasil, da ordem de 4% do faturamento bruto. Isso quer dizer que essa atividade movimenta algo em torno de 4% de tudo que é faturado pela indústria.

O custo total de manutenção anual de uma refinaria de grande porte é aproximadamente de 20% do custo de processamento. Os valores aqui apresentados deixam bem clara a importância da função da manutenção, cujos orçamentos superam os faturamentos brutos de muitas empresas. A importância maior da manutenção nos equipamentos de processos contínuos resulta do fato de que a continuidade operacional e a qualidade dos produtos dependem diretamente do bom funcionamento dos equipamentos. Para ser tornar mais claro, vamos exemplificar.

A disponibilidade média de equipamentos, para todas as indústrias brasileiras, segundo a Abraman, é de 90%, enquanto no setor de petróleo esta disponibilidade salta para 97,25%, segundo a mesma entidade.

Considerando uma refinaria de petróleo e analisando os seus relatórios de custos, têm-se na média os seguintes valores anuais, em milhões:

Matéria-prima(petróleo)	2000
Custos fixos	100
Custos variáveis	25
Receita	2800
“Lucro”	675
Continuidade operacional	98%

Assim, se, por exemplo, por deficiência da manutenção, a continuidade operacional diminuísse 8 pontos percentuais, passaríamos a ter os seguintes números:

	Situação 1	Situação 2
Continuidade	98%	90%
Matéria-prima	2000	1837
Custos fixos	100	100
Custos variáveis	25	23
Receita	2800	2571
Lucro	675	611
Perda simulada = US\$ 64.000.000		

Como pode ser observado na tabela comparativa acima, os números ressaltam enormemente a importância da continuidade operacional, e por consequência da atividade de manutenção.

1.3 – AS INTERFACES

Dentre os diversos fatores, os relacionados com a dimensão técnica da manutenção (confiabilidade, manutenibilidade, etc.) são usualmente os mais considerados nas decisões de aquisições e descartes de ativos permanentes. E desta forma, os custos associados a estes ativos são afetados amplamente pelo tipo de manutenção escolhida para cada específico equipamento.

Entretanto, nas empresas que utilizam bens de capital de modo intensivo, principalmente, os investimentos em ativos permanentes representam dispêndios imensos e, portanto, é necessário ater-se não somente ao montante inicial destinado a sua aquisição, mas também aos custos subsequentes relacionados à sua adequada operacionalidade.

Neste contexto, a confiabilidade de muitos produtos pode ser vista em termos econômicos. O projeto de uma peça de uma máquina, por exemplo, pode envolver considerações de equilíbrio entre o aumento de custo de capital envolvido na consecução de uma confiabilidade mais alta, acrescentando-se o aumento dos custos de manutenção e os oriundos da perda de produção decorrido de uma baixa confiabilidade.

As questões envolvidas na viabilidade econômica de determinado ativo permanente estão intimamente relacionadas ao tipo de empresa que este vinculado, notadamente no nível de utilização destes ativos e insumos na obtenção do seu produto final.

Um ponto a considerar é que a cada dia que se passa o ciclo de vida tecnológico dos produtos diminui e o número de alterações de engenharia aumenta. Ao mesmo tempo, a aceleração das mudanças tecnológicas está também diminuindo o ciclo de vida das instalações industriais. Máquinas, equipamentos e sistemas tornam-se mais obsoletos antes da sua vida útil, de forma que é cada vez mais importante compreender a composição do custo total do produto para determinar a sua lucratividade e diminuir as perdas. Assim, os sistemas gerenciais devem propiciar maior visibilidade no impacto dos custos da engenharia e manutenção.

Uma vez que o equipamento esteja instalado e funcionando, as práticas de manutenção são importantes para assegurar que o equipamento seja mantido em uma condição economicamente aceitável. Desta forma as decisões da atividade de manutenção são relacionadas com as seguintes principais áreas: re colocação de componentes e sistemas, inspeção, recondicionamento e reparos, política de manutenção, estrutura organizacional e sobressalente.

Neste ponto incluem-se na esfera da decisão da manutenção as preocupações com a segurança industrial através de considerações sobre a análise de risco.

1.4 – ASPECTO DE UM DEPARTAMENTO DE MANUTENÇÃO

Fazendo-se uma análise crítica e objetiva, verifica-se que o objetivo de um departamento de manutenção de uma indústria qualquer é manter a máxima continuidade operacional da planta ao menor custo possível, com segurança e sem agredir o meio ambiente. Todos os outros aspectos do trabalho convergem para a consecução desse objetivo.

Paralelamente, existem outros objetivos próprios do profissional que chefia o departamento, que hoje são reconhecidos como importantes para a organização e que são, às vezes, mesmo que inconscientemente, alçados a prioridades altíssimas pelo mesmo, já que não se pode dissociar o indivíduo da função que exerce. Esses objetivos, hoje mais claro embora ainda não totalmente aceitáveis, podem ser sentidos em vários contatos com os profissionais do ramo, e geralmente são: reconhecimento por parte da organização da realização de um trabalho bom tecnicamente e produtivo; facilidade no controle de tarefas

executadas por seus subordinados; respeito dos outros segmentos da fábrica pela atividade Manutenção; e outros que variam de indivíduo para indivíduo.

Quanto ao objetivo principal, de manter a máxima continuidade operacional ao menor custo, pode-se dizer que não há dúvida da necessidade de um gerenciamento científico e moderno para que possa ser atingido.

Uma simples falha em um rele ou disjuntor, por exemplo, podem causar prejuízos em termos de lucro cessante de milhões de dólares, fora os prejuízos materiais decorrentes do fato. Existem benefícios do gerenciamento adequados que, além de contribuírem para a consecução do objetivo primordial do Departamento de Manutenção, auxiliam sobremaneira a atingir os objetivos referidos que o profissional em geral procura. Uma vez que as rotinas padronizadas podem ser feitas também com estudos de tempos e métodos, a manutenção deixa de ser vista como despesa, com custos incontroláveis e a culpada dos males dos equipamentos da empresa para ser encarada como uma atividade científica, com programação previa, controle de tempos de execução e de materiais, ferramentas, etc. e rígido controle sobre os custos.

Fica muito difícil, em um Departamento de Manutenção gerenciado por crises, cuidar de aspectos segurança e meio ambiente, hoje tão importantes no contexto mundial. Com efeitos, atuando-se somente em reparos emergenciais, o risco, quando tarefas são executadas sem um método padrão, sob pressão e com pessoal desmotivado e destreinado, é muito grande

1.5 – ASPECTO VICIOSO

Não resta dúvida que existem empresas que têm disponibilidade financeira e esclarecimento para já no projeto, ou antes, para uma implantação de uma Unidade, destacar elementos para elaborar todo o plano de gerenciamento da manutenção da futura planta. Esse sistema permite um estudo prévio de vários problemas e dá tempo suficiente para uma boa elaboração. A única desvantagem seria verificada nesse procedimento é que muitas vezes a organização reserva seus melhores homens para outras atividades, e aproveita mão de obra menos experiente, geralmente técnicos ou engenheiros recém-formados que, por maior potencial que possuam, nunca poderão prever os futuros problemas da mesma forma que os mesmos profissionais, porém com larga experiência em manutenção.

Na maioria dos casos, o que há são incipientes planos genéricos que muitas vezes não são seguidos, ou mesmo a inexistência de qualquer sistema de gerenciamento adequado. O profissional cai então em um círculo vicioso, como pode ser observado na figura abaixo.

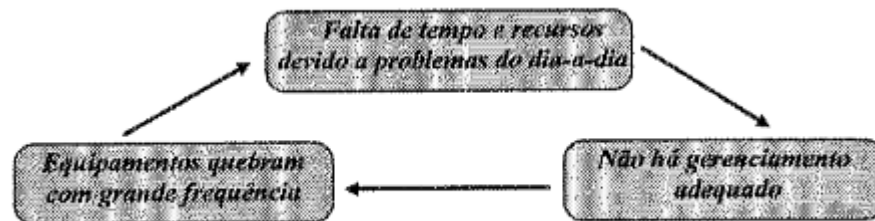


Figura 1 - 1 : Ciclo vicioso da Manutenção

Como sair desse vício? São registradas queixas generalizadas de que a organização não fornece recursos para a manutenção. Porém os dirigentes costumemente só liberam recursos quando veem resultados concretos ou já são profundos conhecedores da matéria, o que, muitas vezes, também não é o caso.

1.6 - O COMPORTAMENTO DOS PROFISSIONAIS DA MANUTENÇÃO

O se mais se observa dos chefes das empresas são as dificuldades ao lidar com pessoas, o a dificuldade maior é a comunicação nos momentos dos conflitos. Esses problemas comportamentais decorrem de dois fatores principais:

- A grande maioria dos chefes de manutenção chegou a seus cargos de chefia devido a sua bagagem técnica na sua área de atuação e pouca bagagem gerencial;
- Existe no país uma cultura arraigada do relacionamento chefe-subordinado, decorrente da nossa própria historia e do processo da industrialização. A transição para o relacionamento treinador – treinando é bastante demorado e às vezes traumático.

Convive-se hoje com mais um problema de desmotivação que é o da incompatibilidade de escolaridade crescente dos executantes com a falta de modernização do gerenciamento. Estes fatos parecem ser conflitantes com os fatores colocados acima, pois o aumento de escolaridade do agente que executa traz um funcionário mais exigente em relação à qualidade do gerente na área do relacionamento humano e menos passível na questão subordinação. Isso acarreta em um grande conflito. Logo constitui uma grande barreira para as relações humanas.

Vários outros problemas culturais comportamentais existem, tais como o duro relacionamento entre as pessoas acostumadas com a máquinas, à falta de confiança mútua entre o chefe e o subordinado, a existência de interesses paralelos de líderes naturais (política sindical partidária), a dificuldade de trabalhar em equipe. Outro importante aspecto comportamental é relacionado com a limpeza, à arrumação e ordem no local de trabalho.

O homem da manutenção normalmente, não possui uma cultura voltada para os aspectos comportamentais exigidos nos dias de hoje acarretando assim desperdício, baixa qualidade no serviço, baixa moral da equipe, desvalorização do seu departamento perante aos outros da empresa e do cliente.

1.7 - GERENCIAMENTO

A forma de gerenciamento na manutenção é um problema muito sério. Como em muitas outras áreas de atuação, os gerentes na maioria são autoritários, não estão atualizados, preocupam-se mais com as máquinas do que com as pessoas, ocasionando a falta de motivação, direcionamento e participação do grupo de trabalho. Ocasionalmente que os trabalhadores executantes cuidem menos zelo dos equipamentos da empresa.

Como problema corriqueiro da manutenção existe, também, a dificuldade de passar pequenas tarefas de manutenção para os operadores do equipamento. Esta dificuldade é causada às vezes por ignorância de técnicas modernas ou por problemas culturais, quando os homens da manutenção são tomados por verdadeiros ciúmes dos equipamentos e os homens de operação julgam desnecessário realizarem pequenos reparos de manutenção ou por forte componente ideológico do grupo de operação.

Como resultado não desejado de situações desse tipo, ocorre a pouca intimidade do operador com os equipamentos, dificultando o diagnóstico e a agilidade na realização da manutenção e ou inspeção dos equipamentos.

A manutenção industrial, quando não considerada uma atividade nobre executiva, dentro de uma organização passa-se ser uma atividade custosa, o que pode fazer a diferença de uma empresa competitiva ou não. Na maioria da empresa essa atividade é avaliada pelo sentimento dos administradores. Em alguns casos a eficiência da manutenção é medida pela correria, pelo grau de preocupação e a urgência.

1.8 - RELAÇÃO MANUTENÇÃO X OPERAÇÃO

É histórico o antagonismo entre os departamentos de Operação dos equipamentos e de Manutenção em geral. O profissional da manutenção costuma generalizar o pensamento de que o pessoal de Operação maltrata os equipamentos; por sua vez o homem de operação costuma a manutenção ao problema, pois geralmente a manutenção aparece somente quando o equipamento tem algum problema

Registra-se a disputa do poder e a sobrevivência dos dois gerentes das duas áreas mencionadas. Problemas em equipamentos trazem prejuízos para a empresa e ninguém quer ser responsabilizado. As liberações dos equipamentos para a manutenção preventiva são difíceis. A falta de companheirismo e o espírito de ajuda não existem. Assim a manutenção passa a ver seu cliente interno (operação) como um problema e não como uma razão de ser.

Por outro lado a operação coloca-se normalmente em um status superior do que a manutenção. Normalmente não prestam a devida atenção aos aspectos funcionais e de limpeza, por exemplo, dos equipamentos por acharem tarefas como inferiores do que merecesse fazer.

Outro aspecto importante nesta relação são as inúmeras modificações e melhorias que os operadores desejam em relação ao projeto inicial. Embora muitas modificações fossem necessárias à verdade é que o maior volume das modificações obedece a desejos dos operadores, nem sempre consensuais entre os diversos grupos de trabalho.

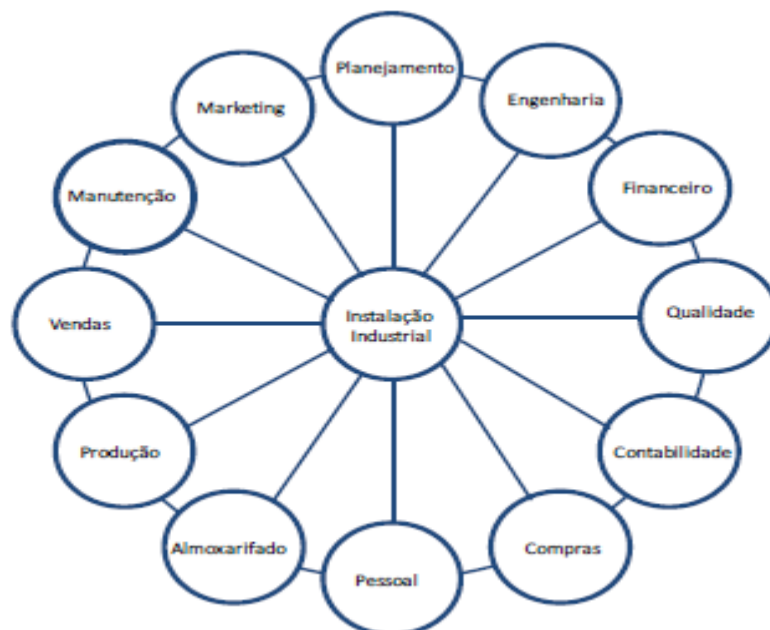
2 - MANUTENÇÃO INDUSTRIAL – UMA VISÃO GERAL

2.1 INTRODUÇÃO

Nessa seção são apresentados conceitos, programas de qualidade e termos relacionados à área de manutenção industrial com o objetivo de fornecer uma visão geral ao leitor do contexto em que a área de manutenção está inserida na indústria. Não faz parte do escopo do trabalho discutir e analisar comparativamente os termos citados pelos autores, analisar os programas de qualidade ou métodos utilizados.

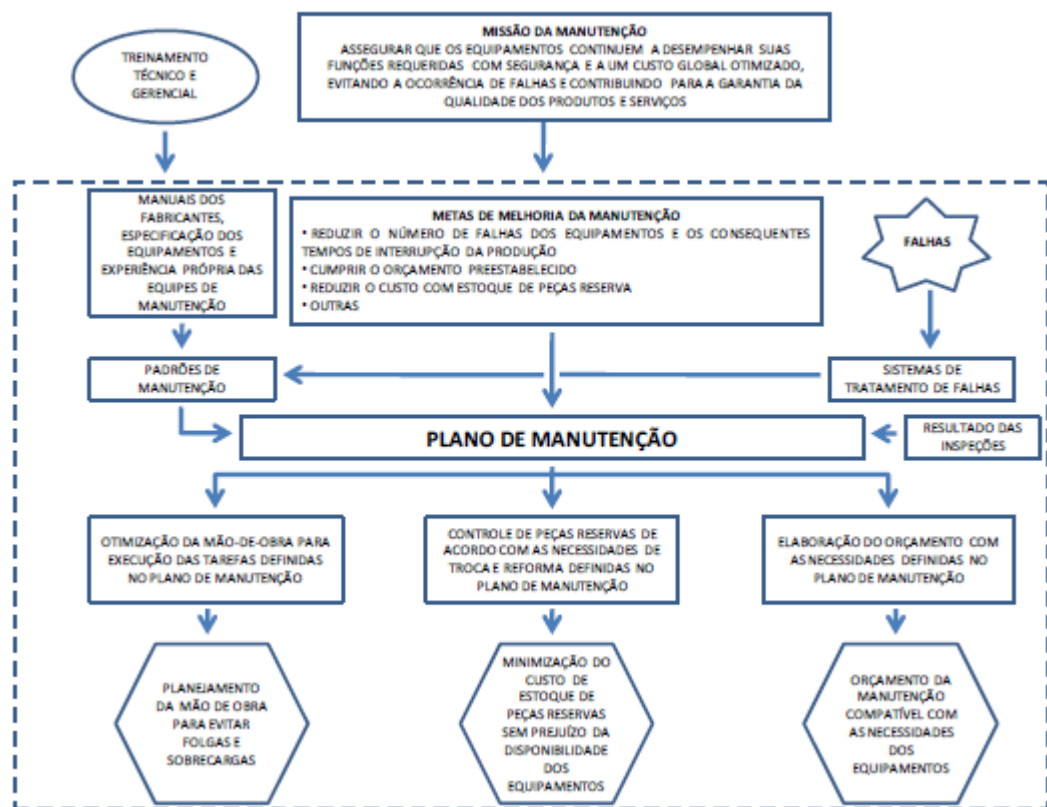
Diante das atuais exigências de qualidade, segurança, meio ambiente e produtividade as atividades de manutenção ocupam uma posição estratégica dentro das indústrias. Os seus processos necessitam ser otimizados para atender da melhor forma possível os seus clientes internos e, como considerado nesse trabalho, a área de produção como o principal cliente.

Nepomuceno (2008) menciona a importância de um trabalho harmonioso entre os diversos departamentos e divisões de uma empresa, com uma visão comum dos objetivos por todos para que se alcance uma operação altamente eficiente. A figura abaixo apresenta uma instalação industrial genérica com seus vários departamentos que pode, certamente, variar para cada tipo de organização.



Em virtude da interdependência que existe entre os departamentos, existem também várias responsabilidades cruzadas. Deste modo, somente quando cada segmento dentro da organização cumprir satisfatoriamente as suas responsabilidades intrínsecas é que se alcançará uma eficiência satisfatória das operações industriais. Para que o setor de manutenção apresente uma operacionalidade eficiente com custos reduzidos é necessário que exista um ótimo entrosamento com os setores dos quais as suas atividades dependem, como a Produção, Engenharia, Almoxarifado, Compras, entre outros (NEPOMUCENO, 2008).

Um dos principais objetivos da manutenção é evitar a ocorrência de falhas. Com relação ao sistema de gerenciamento de manutenção de equipamentos, Xenos (2004) é apresentado na figura abaixo um sistema em que o plano de manutenção é à base do gerenciamento do departamento e contém todas as ações preventivas necessárias para evitar falhas, como está descrito na sua missão.



Xenos (2004) menciona que para a empresa alcançar seus objetivos de lucratividade e sobrevivência por meio de equipamentos livres de falha, que não prejudiquem a qualidade, o custo, a entrega dos produtos e serviços e sem apresentar risco à segurança e à integridade do meio ambiente, o plano de ação em destaque na Figura 11 deve ser

elaborado e cumprido. Fundamentado em resultados reais das inspeções, das reformas e substituição de componentes e peças, as informações do plano de manutenção devem ser constantemente revisadas. Outra fonte de informação indispensável para a revisão do plano de manutenção são os resultados das análises dos dados e registros de falhas, os quais devem ser efetuados por meio de um sistema formal de tratamento de falhas. Continua o autor citando que, com a elaboração do plano de manutenção é possível dimensionar os recursos de mão de obra e materiais de forma a responder as necessidades de manutenção dos equipamentos, bem como aperfeiçoar o uso dessa mão de obra e minimizar custo do estoque de peças sem que seja prejudicada a disponibilidade dos equipamentos. Algumas funções de apoio essenciais que permitem um gerenciamento eficiente de manutenção são: tratamento de falhas dos equipamentos, padronização da manutenção, planejamento da manutenção, peças reservas e almoxarifado, orçamento da manutenção e educação e treinamento.

2.2 - HISTÓRICO

A manutenção, embora despercebida, sempre existiu, mesmo nas épocas mais remotas. Começou a ser conhecida com o nome de manutenção por volta do século XVI na Europa Central, juntamente com o surgimento do relógio mecânico, quando surgiram os primeiros homens para realizar o conserto desses instrumentos. Tomou consistência ao longo da Revolução Industrial e firmou-se, como necessidade absoluta na Segunda Grande Guerra. No princípio da reconstrução do pós- guerra, Inglaterra, Itália, Alemanha e principalmente o Japão alicerçaram seu desempenho industrial na base da Engenharia da Manutenção.

Nos últimos anos, com a intensa concorrência, os prazos de entrega dos produtos passaram a ser relevantes para todas as empresas. Com isso, surgiu à motivação para se prevenir contra falhas das máquinas e equipamentos. Além disso, outra motivação para o avanço da manutenção foi à maior exigência da qualidade. Essas motivações deram origem a uma manutenção mais planejada.

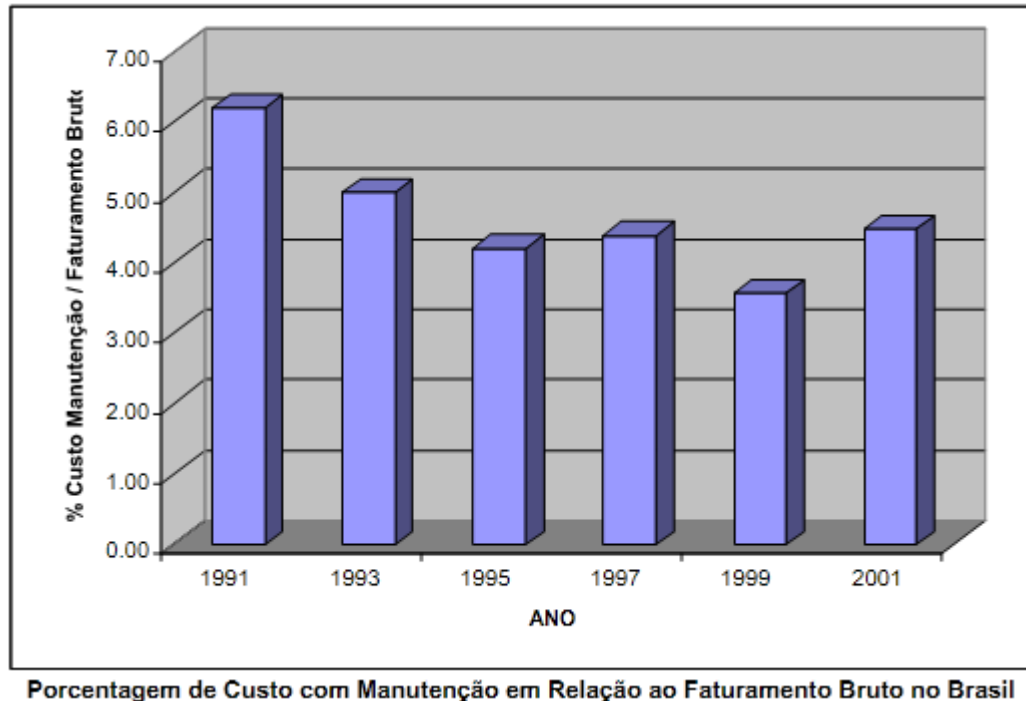
2.3 - IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO

Com a globalização da economia, a busca da qualidade total de serviços e produto, produtos e gerenciamento ambiental passou a ser a meta de todas as empresa. Observe o caso descrito abaixo:

Imagine uma empresa de navegação que tenha que cumprir seus contratos com seus clientes e que tenha que concorrer no mercado. Para que se venha manter seus clientes e conquistar outros, ele precisará tirar o máximo rendimento das máquinas para oferecer serviços de excelência. Deverá estabelecer um rigoroso planejamento de manutenção nos seus equipamentos para que possa cumprir seus contratos, muito das vezes baseado no tempo e operações. Imagine agora que não exista um programa de manutenção dos seus equipamentos.

- Diminuição ou interrupções nas operações;
- Atrasos nas operações e prestações de serviços;
- Perdas financeiras;
- Perdas financeiras;
- Aumento dos custos;
- Insatisfações dos clientes;
- Perdas de clientes e contratos.

Todos esses aspectos mostram a importância que se deve dar a manutenção. Até recentemente, a gerência de nível médio e corporativo tinha ignorado o impacto da operação da manutenção sobre a qualidade do serviço, custo do serviço e, mais importante, no lucro básico. A opinião a 20 anos atrás era de que a “manutenção era um mal necessário”, ou “nada pode ser feito para melhora os custos da manutenção”. Mas as novas técnicas de gerenciamento e sistemas de manutenção têm mudado isso, reduzindo os custos da manutenção em relação ao faturamento. Veja o quadro abaixo:



Felizmente hoje já se houve falar no Brasil uma nova ciência, chamada de “engenharia da manutenção”, fortalecida pela criação e consolidação da ABRAMAN (Associação Brasileira de Manutenção).

2.4 – CONCEITO DE MANUTENÇÃO

Dois conceitos de manutenção.

- Pode ser considerada como a engenharia do componente uma vez que estuda e controla o desempenho de cada parte que compõem um determinado sistema;
- Pode ser considerados como o conjunto de cuidados técnicos indispensáveis ao funcionamento regular e permanentes de máquinas, equipamentos, ferramentas e instalações. Esses cuidados envolvem a conservação, a adequação, a restauração e a prevenção.

Por exemplo:

Lubrificação de engrenagens = conservação;

Retificação de uma mesa de desempenho = restauração;

Troca de um plugue de um cabo elétrico = substituição;

Substituir o óleo lubrificante no período recomendado pelo fabricante = prevenção.

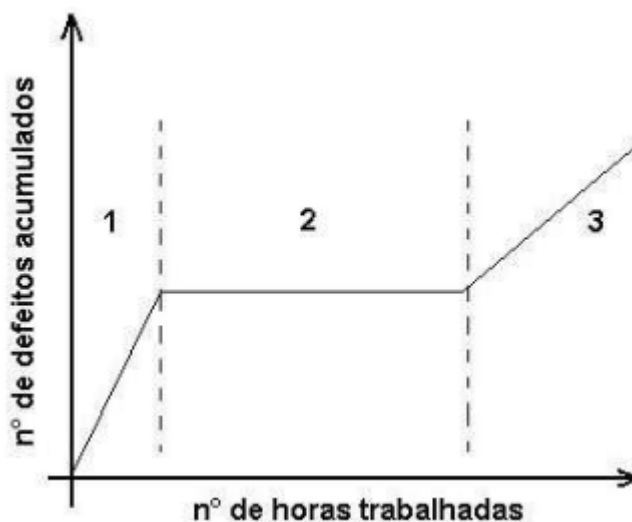
Em suma, manutenção é atuar no sistema (de uma forma geral) com o objetivo de evitar quebras e/ou paradas na produção, bem como garantir a qualidade planejada dos produtos.

De uma maneira geral, a manutenção em uma empresa tem como objetivos:

1. Manter equipamentos e máquinas em condições em pleno funcionamento para garantir a produção normal e a qualidade dos produtos;
2. Prevenir prováveis falhas e quebras dos elementos da máquina.

Outros conceitos:

- a) Manutenção ideal - é a que permite alta disponibilidade para a produção durante todo o tempo em que ele estiver em serviço e a um custo adequado;
- b) Vida útil componente - é o espaço de tempo que este componente desempenha suas funções com rendimento e disponibilidade máxima.
- c) Ciclo de vida de um componente - observe o gráfico:

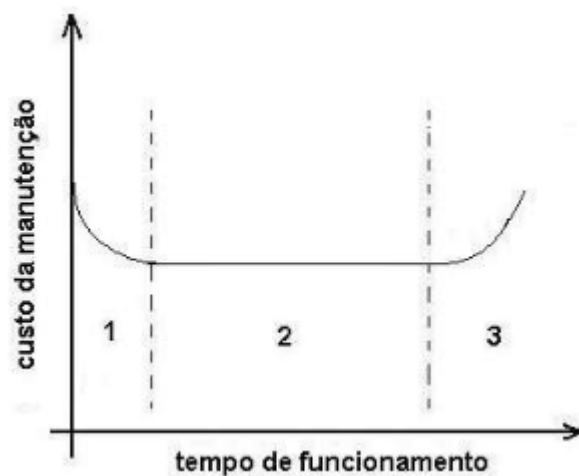


1 - fase de amaciamento: os defeitos internos dos equipamentos se manifestam pelo uso normal e pelo auto ajuste do sistema. Normalmente estes defeitos estão cobertos pela garantia;

2– vida útil do componente: esta é a fase de pouquíssimas quebras e/ou paradas e é a fase de maior rendimento do equipamento;

3 – envelhecimento: os vários equipamentos vão atingidos o fim da vida útil e passam a quebrar e/ou paradas mais frequentes. É a hora de troca ou sucatear o equipamento.

Veja no gráfico da bacia a seguir os custos da manutenção para cada fase:



2.5 – RECURSOS NECESSÁRIOS PARA REALIZAR A MANUTENÇÃO

Para que possa ocorrer à manutenção é necessário que existam os seguintes recursos:

- a) Recursos materiais – equipamentos de testes e de medição ferramentas adequadas, espaço físico satisfatório, entre outros;
- b) Recursos de mão de obra – dependendo do tamanho da empresa e da complexidade da manutenção aplicada, há a necessidade de um grupo formada por profissionais qualificados em todos os níveis;
- c) Recursos financeiros – necessários para uma maior autonomia dos trabalhos;
- d) Recursos de informação – responsável de obter e armazenar informações que serão à base dos planos de manutenção.

2.6 – TIPOS DE MANUTENÇÃO

2.6.1 Manutenção corretiva

A manutenção corretiva corresponde ao estágio mais primitivo da manutenção mecânica. Entretanto, como é praticamente impossível acabara com as falhas, a manutenção corretiva ainda existe.

É definida como medidas de procedimentos que são aplicados a um equipamento que apresenta uma falha ou defeito, com o objetivo de voltá-lo ao trabalho operacional, no menor tempo e custo possível. É, no entanto, uma manutenção não planejada, de reação, no qual a correção de uma falha ou de baixo desempenho se dá de maneira aleatória. Implica em altos custos, porque causa perda na produção e geralmente a extensão dos danos do equipamento é maior que o previsível. É muito importante atentar que pode englobar desde a troca de um parafuso de fixação quebrado como substituir todo um sistema elétrico em pane.

Veja o quadro comparativo em relação à manutenção e custos.

Tipo de manutenção	Custo US\$/ HP/ ano
Corretiva não planejada	17 a 19
Preventiva	11 a 13
Preditiva	7 a 9

Fonte: NMW Chicago 1998

A lógica da manutenção corretiva é simples e direta, quando uma máquina quebra conserte-a. Uma planta industrial usando gerência por manutenção corretiva não gasta nenhum dinheiro com manutenção, até que uma máquina ou sistema falhe na operação. Também é o método mais caro de gerência de manutenção.

Poucas plantas industriais usam uma filosofia verdadeira de gerência de manutenção corretiva. Em quase todos os casos, as plantas industriais realizam tarefas preventivas básicas, como por exemplo, lubrificação e ajuste da máquina, mesmo em um ambiente de manutenção corretiva. No entanto, neste tipo de gerência, as máquinas e outros equipamentos da planta industrial não são revisados e não são feitos grandes reparos até que o equipamento falhe em sua operação.

Os maiores custos associados com este tipo de gerência de manutenção são: alto custo de estoques de peças sobressalentes, alto custo de trabalho extra, elevado tempo de paralisação da máquina, e baixa disponibilidade de produção.

Esse método de administração força o departamento de manutenção a manter caros estoques de peças sobressalentes que incluam máquinas sobressalentes, ou pelo menos, todos os principais componentes para todos os equipamentos críticos da fábrica. A alternativa é fundar-se em vendedores de equipamentos que possam oferecer entrega imediata de todas as peças sobressalentes requisitadas.

Mesmo que o último seja possível, as recompensas para entrega expedita aumentam substancialmente os custos de reparo de peças e de tempo paralisado necessário para corrigir as falhas das máquinas. Para minimizar o impacto sobre a produção criada por falhas inesperadas das máquinas, o pessoal da manutenção também deve estar apto a reagir imediatamente a todas as falhas da máquina. O resultado líquido deste tipo reativo de gerência de manutenção é maior custo de manutenção e menor disponibilidade de maquinaria de processo. A análise dos custos da manutenção indica que um reparo realizado no modo corretivo- reativo terá em média um custo cerca de 3 vezes maior que quando o mesmo reparo for feito dentro de um modo programado ou preventivo. A programação do reparo garante a capacidade de minimizar o tempo de reparo e os custos associados de mão de obra. Ela também garante os meios de reduzir o impacto negativo de remessas expeditas e produção perdida.

2.6.1.1 – manutenção corretiva não planejada

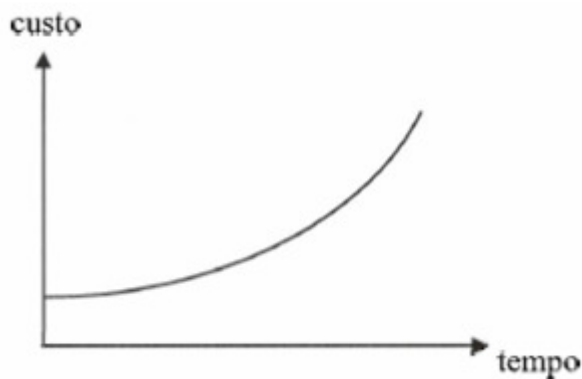
A manutenção corretiva **não planejada** implica altos custos, pois a quebra inesperada pode acarretar perdas de produção, perda da qualidade do produto e elevados custos indiretos de manutenção. Além disso, quebras aleatórias podem ter consequências bastante graves para o equipamento, isto é, a extensão dos danos pode ser bem maior. Em plantas industriais de processo contínuo (petróleo, petroquímico, cimento, etc.), estão envolvidas no seu processamento elevadas pressões, temperaturas, vazões, ou seja, a quantidade de energia desenvolvida no processo é considerável. Interromper processamentos desta natureza de forma abrupta para reparar um determinado equipamento compromete a qualidade de outros que vinham operando adequadamente e leva-os a colapsos após a partida ou uma redução da campanha da planta. Um exemplo típico é o

surgimento de vibração em grandes máquinas que apresentavam funcionamento suave antes da ocorrência.

2.6.1.2 – manutenção corretiva planejada

Manutenção Corretiva **Planejada** é a correção do desempenho menor do que o esperado ou da falha, por decisão gerencial, isto é, pela atuação em função de acompanhamento preditivo ou pela decisão de operar até a quebra. Um trabalho planejado é sempre mais barato, mais rápido e mais seguro do que um trabalho não planejado. E será sempre de melhor qualidade. A característica principal da manutenção corretiva **planejada** é função da qualidade da informação fornecida pelo acompanhamento do equipamento.

Como pode ser observado o gráfico abaixo, exemplo de custo e tempo da manutenção corretiva.



2.6.2 – Manutenção preventiva

A manutenção preventiva pressupõe a execução dos serviços de manutenção em equipamentos que se apresentam em condições operacionais, mesmo que com algum defeito, ou em estado operacional sem falha alguma (VIANA, 2002; BRANCO FILHO, 2008). O principal objetivo dessa atividade técnica, que deve ser prevista e planejada, é a prevenção de uma parada do equipamento por motivo de quebra ou a ocorrência de falha (SOUZA, 2007).

Do ponto de vista de custo, a manutenção preventiva é mais onerosa do que a manutenção corretiva, em virtude da realização de substituição de componentes antes de alcançarem os limites de sua vida útil. Entretanto, se considerado o custo total das paradas inesperadas por falha dos equipamentos, a manutenção preventiva acaba sendo mais rentável em virtude de propiciar domínio das paradas dos equipamentos, diminuição da

frequência de falhas, aumento da disponibilidade dos equipamentos e também redução das paradas aleatórias da produção

2.6.2.1 - Principais objetivos da manutenção preventiva

Os principais objetivos da manutenção são: redução de custos, qualidade do produto, aumento da produção, preservação do meio ambiente, aumento da vida útil do equipamento e redução dos acidentes de trabalho. Como a manutenção preventiva pode ajudar?

- a) Redução de custos – em sua grande maioria, as empresas buscam reduzir os custos dos incidentes nos produtos que fabricam. A manutenção preventiva pode colaborar atuando na redução das peças sobressalentes, diminuição nas paradas emergenciais, aplicando o mínimo necessário.
- b) Qualidade do produto – a concorrência no mercado nem sempre ganha com o menor preço. Muitas vezes ela ganha com um produto de melhor qualidade. Para atingir essa meta, a manutenção preventiva deverá ser aplicada com maior rigor.
- c) Aumento da produção – é preciso manter a fidelidade dos clientes já cadastrados e conquistar outros. A manutenção colabora para o alcance dessa meta atuando no binômio produção atrasada X produção do dia.
- d) Aumento da vida útil dos equipamentos – o aumento da vida útil dos equipamentos é um fator que, na maioria das vezes, não pode ser considerado de forma isolada. Esse fator, geralmente, é consequência de : redução de custos, qualidade de produtos, aumento de produção e efeitos de meio ambiente.
- e) Acidentes de trabalho – não são raros as empresas que têm esse problema interno.

Os acidentes no trabalho causam:

- Aumento de custos;
- Diminuição do fator qualidade;
- Efeitos prejudiciais ao meio ambiente;
- Diminuição de produção;

- Diminuição da vida útil dos equipamentos.

Como um equipamento sob manutenção preventiva tende a não parar em serviço e se mantém regulados por longos períodos, pode-se descrever as seguintes vantagens:

- Paradas programadas ao invés de paradas imprevistas;
- Maior vida útil do equipamento;
- Maior preço de uma eventual troca do equipamento;
- Maior qualidade do produto final;
- Diminuição das horas extras.

E as desvantagens:

- Maior número de pessoas envolvidas na tarefa;
- Folha de pagamento elevada;
- Possibilidade de introdução de erros durante as intervenções.

Entretanto, as vantagens são muito maiores que as desvantagens, principalmente no que se refere ao custo anual da manutenção.

2.6.2.2 – Organização do plano de manutenção preventiva

Uma indústria que ainda não tenha definida um plano de manutenção preventiva, onde não haja um controle de custos e nem registros ou dados históricos dos equipamentos e que essa indústria deseja adotar a manutenção preventiva, deverá percorrer as seguintes linhas iniciais de desenvolvimento:

- a) Decidir qual equipamento que deverá marcar a instalação da manutenção preventiva, que deve ser realizado numa cooperação da supervisão de manutenção e operação;
- b) Efetuar o levantamento e posterior cadastramento de todos os equipamentos que serão escolhidos para iniciar a instalação da manutenção preventiva;

- c) Redigir o histórico dos equipamentos, relacionando os custos de manutenção, tempo de parada da manutenção, tempo de disponibilidade dos equipamentos, causas de falha e etc.;
- d) Elaborar os manuais de procedimentos da manutenção preventiva, indicando a frequência de inspeção das máquinas operando, com máquinas paradas e intervenções;
- e) Enumerar os recursos humanos e materiais que serão necessários à implementação da manutenção preventiva;
- f) Apresentar o plano para aprovação da gerencia e da diretoria;
- g) Montar e trinar equipes de manutenção.

Se uma empresa contar com um modelo organizacional ótimo, com material sobressalente adequado e racionalizado, com bons recursos humanos, com bom ferramental e instrumental e não tiver quem saiba manuseá-los, essa empresa estará perdendo tempo no mercado. A escolha do ferramental e instrumental é importante, porém, mais importante é o treinamento da equipe que irá utilizá-lo.



2.6.3 – Manutenção preditiva

Souza (2007, p. 19) conceitua manutenção preditiva como a “que tem finalidade de acompanhar os parâmetros de funcionamento dos equipamentos e prever suas falhas, para intervenção no momento adequado” e vista de forma geral, pode ser considerada uma evolução da manutenção preventiva.

Viana (2002, p. 11) define a manutenção preditiva como sendo “tarefas da manutenção preventiva que visam acompanhar a máquina ou as peças, por monitoramento, por medições ou por controle estatístico e tentam prever a proximidade da ocorrência da falha”. Esse tipo de manutenção tenta prognosticar o melhor momento da necessidade da intervenção mantenedora e a utilização do componente até o limite máximo de sua vida útil, evitando desmontagens para inspeção.

Xenos (2004, p. 25) menciona que a manutenção preditiva permite estender o intervalo de manutenção, aperfeiçoa a troca de peças ou reforma dos equipamentos. Segundo o autor é necessário entender que a manutenção preditiva “é um dos elementos da manutenção preventiva”, uma vez que considera este método uma maneira de inspecionar os equipamentos e as tarefas da manutenção preditiva deve ser considerada no planejamento da manutenção preventiva.

Kardec et al. (2002, p. 43) definem manutenção preditiva como “qualquer atividade de monitoramento que seja capaz de fornecer dados suficientes para uma análise de tendências, emissão de diagnóstico e tomada de decisão”. Segundo os autores, a ideia fundamental é a utilização de “critérios científicos para a coleta, registro e estudo de dados com o objetivo de se obter uma decisão gerencial”.

Radiações ionizantes Raios X Gamagrafia	Energia acústica Ultra-som Emissão acústica
Energia eletromagnética Partículas magnéticas Correntes parasitárias	Fenômenos de viscosidade (Líquidos penetrantes)
Inspeção visual Endoscopia ou boroscopia	Análise de vibrações Nível global Espectro de vibrações Pulsos de choque
Análise de óleos lubrificantes ou isolantes Viscosidade Número de neutralização - acidez ou basicidade Teor de água Insolúveis Contagem de partículas Metais por espectrometria (Absorção atômica, Plasma, Rotrodo, etc.) Espectrometria por infravermelho Cromatografia gasosa Tensão interfacial Rigidez dielétrica	Análise de temperatura – termometria Termometria convencional Indicadores de temperatura Pirometria de radiação Termografia
Ferrografia Ferrografia quantitativa Ferrografia analítica	Verificações de geometria Metrologia convencional Alinhamento instrumentado de máquinas rotativas
Ensaio elétricos Corrente Tensão Isolação Perdas dielétricas Rigidez dielétrica Espectro de corrente ou tensão	

Classificação de técnicas preditivas em famílias de especialização (adaptado de Kardec, 2002, pag 57)

Conceito: é o conjunto de atividades de acompanhamento das variáveis ou parâmetros que indicam a desempenho dos equipamentos, de modo sistemático, visando definir a necessidade ou não da intervenção. E quando se torna a necessidade da intervenção, fruto do acompanhamento preditivo, é feita uma manutenção corretiva planejada.

Para realizar a manutenção preditiva torna-se necessário mudar toda a filosofia de atuação da equipe de trabalho. É preciso, antes de tudo, capacitar uma equipe em manutenção preditiva e orientar todo o pessoal por meio de treinamento específico.

2.6.3.1 – Objetivo da manutenção preditiva

Os objetivos da manutenção preditiva são inúmeros, comparados ao método da manutenção corretiva e preventiva.

- Determinar, antecipadamente, a necessidade de serviços de manutenção numa peça específica em um equipamento;
- Eliminar a desmontagem desnecessária da inspeção;
- Aumentar o tempo de disponibilidade do equipamento;
- Reduzir o trabalho de emergência não planejado;
- Impedir o aumento dos danos;
- Aproveitar a vida útil total dos equipamentos acompanhados;
- Aumentar o grau de confiança dos equipamentos;
- Determinar antecipadamente a parada do equipamento de modo planejado.

Por meio desses objetivos, pode-se deduzir que eles estão direcionados aos seguintes objetivos maior da empresa: redução de custo de manutenção e aumento de produção com confiabilidade.

2.6.3.2 – Metodologia

A manutenção preditiva se preocupa com as alterações que ocorrem no comportamento normal do equipamento. Para chegarem-se as informações que traduzem a instabilidade de um equipamento, há necessidade de estabelecer-se uma diagnose sobre o equipamento, que consiste no monitoramento de seus componentes.

Para o desenvolvimento da diagnose, o profissional da manutenção deverá estudar o equipamento para compreender a cadeia de funcionamento e assim descobrir a origem das falhas, bem como esta de descobrir as consequências no equipamento. O conhecimento do funcionamento do equipamento permite, com segurança, obter os dados necessários à diagnose dentro de uma estreita margem de erros. Descobrir as causas de uma falha é muito mais importante do que a simples troca de um equipamento danificado.

Para a elaboração de um diagnóstico os envolvidos no problema precisam saber qual o mecanismo de deterioração que leva à geração de falhas e como uma falha exerce ação

nos componentes associados. A operação de um equipamento, em perfeitas condições, fornece alguns dados que são denominado parâmetro (vibrações, temperaturas, pressões, etc.) permitindo executar o diagnóstico com boa margem de segurança.

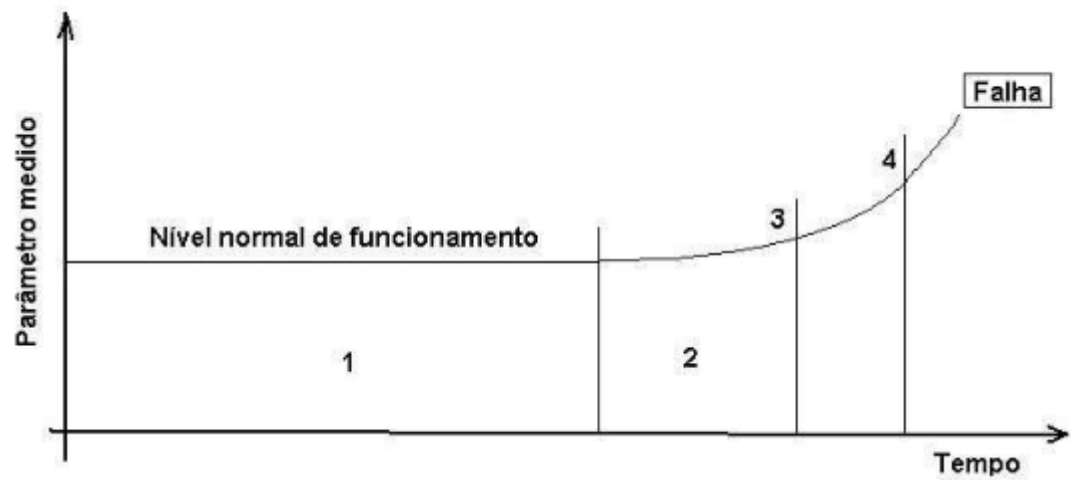
No caso comum, basta verificar uma alteração nestes parâmetros que o problema pode ser resolvido, efetuando a manutenção neste componente. Entretanto, quando se trata de um processo racional, a substituição não é simplesmente executada, mas sim são estudados os efeitos da alteração dos componentes associados e, principalmente, são investigadas as causas do desgaste visando obter meios de atenuar tais causas, quando não são eliminadas.

Para a implantação de uma sistemática da manutenção preditiva em um equipamento é necessário:

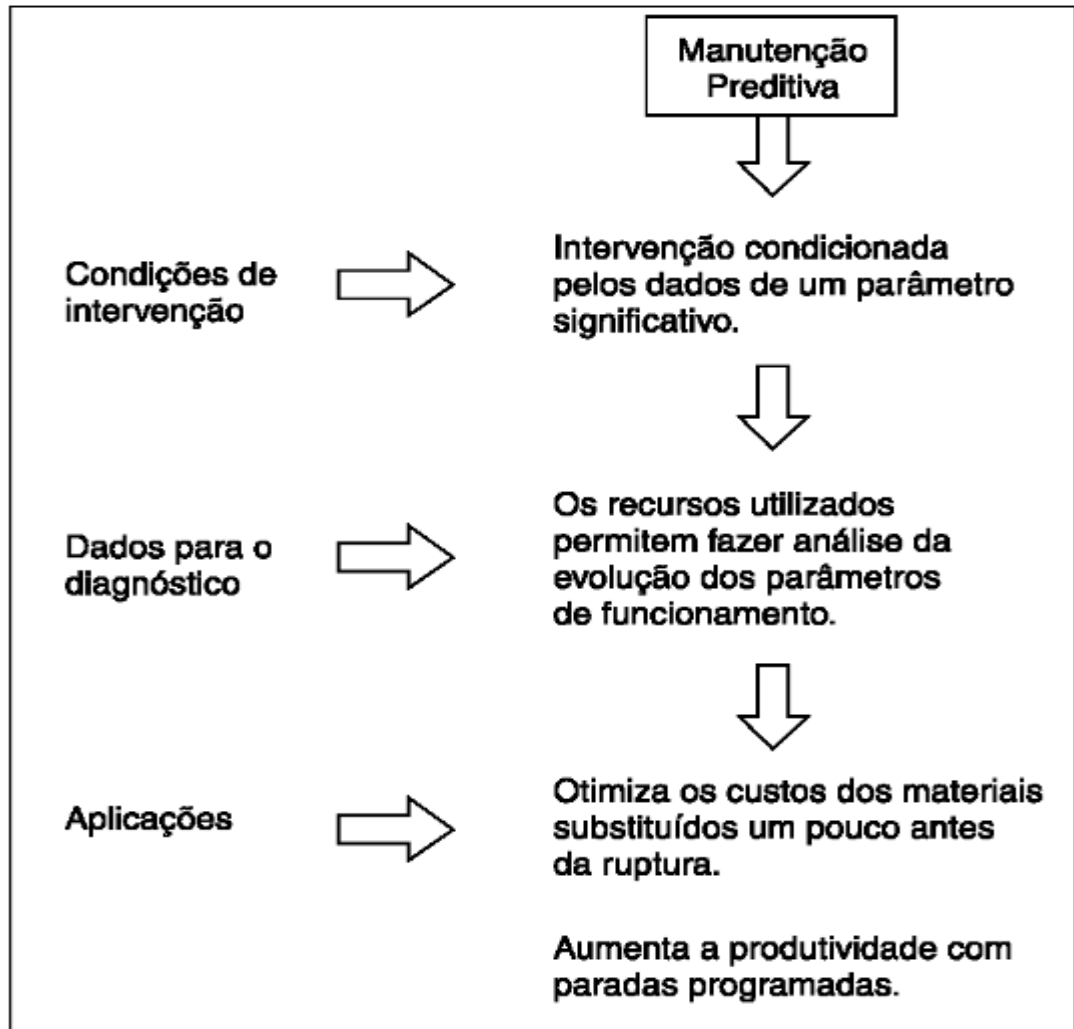
- Verificação de quais componentes a operação do equipamento depende;
- Verificar, junto ao fornecedor, quais os valores numéricos dos parâmetros que interessam a manutenção (valores padrões referentes a equipamentos novos);
- Determinação do procedimento de medição destes parâmetros que interessam a manutenção;
- Fixação dos sinais *normal*, *alerta* e *perigoso* para os valores destes parâmetros. Devem-se utilizar os valores estabelecidos nas especificações internacionais, na ausência de dados experimentais;
- Elaboração de um procedimento para registrar e estabelecer todos os valores que forem medidos (referente aos valores padrões);
- Determinação experimental ou empírica dos intervalos de tempo entre as medições sucessivas.

2.6.3.3 – Falhas

A análise de tendência de falhas consiste em prever com antecedência a quebra, por meios de instrumentos e aparelhos que exercem vigilância constante, antecedendo a necessidade de manutenção. Esta tendência pode ser observada no gráfico.



- 1 – zona de medidas periódicas normais: intervalo definido previamente;
- 2 – zona de desenvolvimento do defeito: duração entre as medidas diminui;
- 3 – zona de diagnóstico do defeito: a manutenção é prevista;
- 4 – zona de realização da manutenção: antes da ocorrência da falha. Após a intervenção, há um retorno a zona 1.



2.6.3.4 – Formas de monitoramento

A avaliação do equipamento tem a finalidade de monitorar os parâmetros e pode ser feito de três formas:

- *Acompanhamento ou monitoração subjetiva* – dá-se pela percepção de que algum parâmetro está fora do comum, por exemplo: colocar a mão na caixa de mancal e perceber que a temperatura está acima do normal; pegar um pouco, escutar o ruído do equipamento, etc. O acompanhamento se dá através dos sentidos da visão, tato, olfato e audição. Pode ser feito por qualquer pessoa. A monitoração será tão confiável quanto à experiência do operador. Este acompanhamento deve ser sempre incentivado, e já é feito muito das vezes despercebido. Entretanto, não deve ser o único a ser feito, porque há risco da percepção ser interpretada de forma errada.

- *Acompanhamento ou monitoração objetiva* – é feito com base em medições utilizando equipamentos ou instrumentos especiais. Considera-se objetiva por fornecer um valor de medição do parâmetro que está sendo monitorado que não depende dos sentimentos do operador do instrumento. Os operadores devem ser treinados e os equipamentos aferidos.

- *Monitoração contínua* – também pode ser um acompanhamento objetivo. Foi adotado inicialmente em equipamentos de alta responsabilidade cujo desenvolvimento do defeito se dava em pouco tempo. Por exemplo, a monitoração de grupos geradores de uma usina hidrelétrica que fornece energia a uma determinada região que parte do princípio da não falha, e caso possa ser previsto antes para que possa prover medidas de gerenciamento. Esse tipo de monitoração não descarta a existência de um técnico 24 horas por dia.

2.6.3.5 – Monitorando os parâmetros

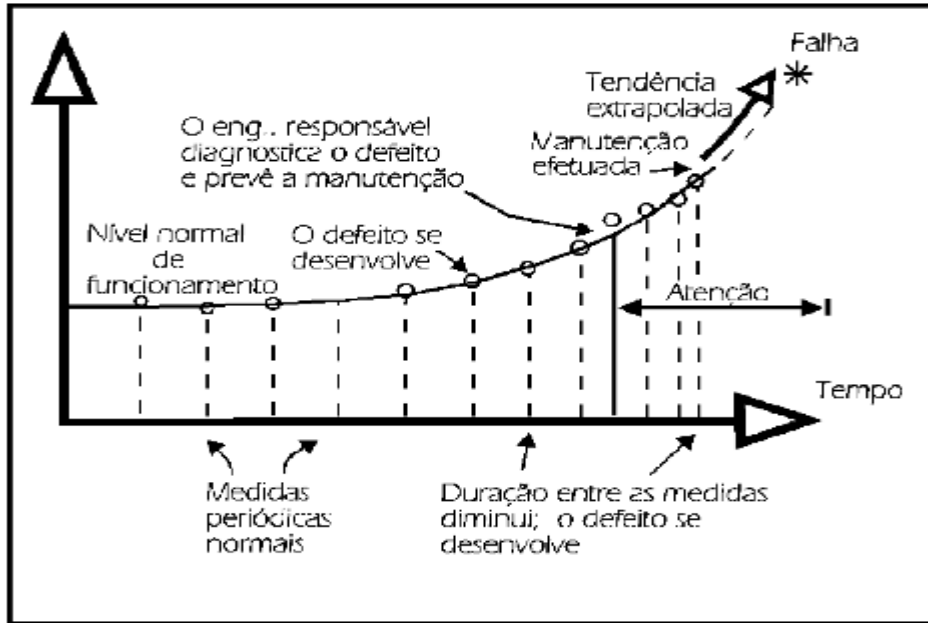
O espectro da manutenção preditiva é bastante amplo, variando desde um exame visual a um sistema complexo de monitoramento das condições de funcionamento do equipamento com o auxílio de sofisticados aparelhos de medição e análises.

Os principais parâmetros, atualmente, que são monitorados:

Vibração: o acompanhamento e análise de vibrações são um dos mais importantes métodos de predição;

Temperatura: a medição de temperatura é um dos parâmetros mais fáceis de ser compreendido e monitorado.

Lubrificação: a análise de lubrificantes não só permite a economia, por aumentar a vida útil estabelecida pelo fabricante, como detecta outros problemas ocultos como, por exemplo, a vedação do equipamento.



3 – MODELOS DE CONCEPÇÃO DE MANUTENÇÃO E MODELOS PARA ANÁLISE DE GESTÃO

3.1 – 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 autoimagem e suas crenças básicas, transcendendo as circunstâncias, não se limitando pelo ambiente externo nem pela capacitação atual (ARANTES,2002).

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 manutenibilidade. 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.

3.2 - 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.

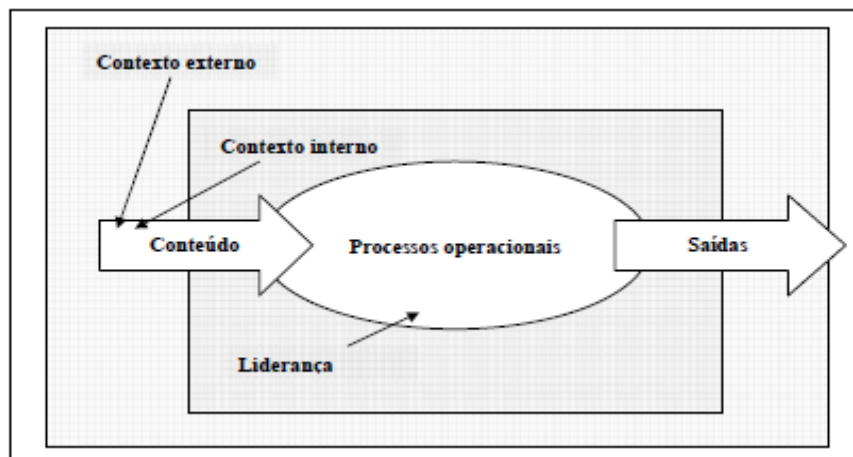
Para formular um plano de desenvolvimento da manutenção, três aspectos importantes devem ser considerados:

- O propósito que o objetivo da função da manutenção, ou o estado que se pretende chegar;

- O ambiente que se define até onde pode se chegar, de acordo com recursos disponíveis e restrições reguladoras internas e externas;
- 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.

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.



Para a função manutenção, cada um dos fatores nomeados têm as seguintes funções:

- 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 programar 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 retroalimentação 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.

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 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 subpartes 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.

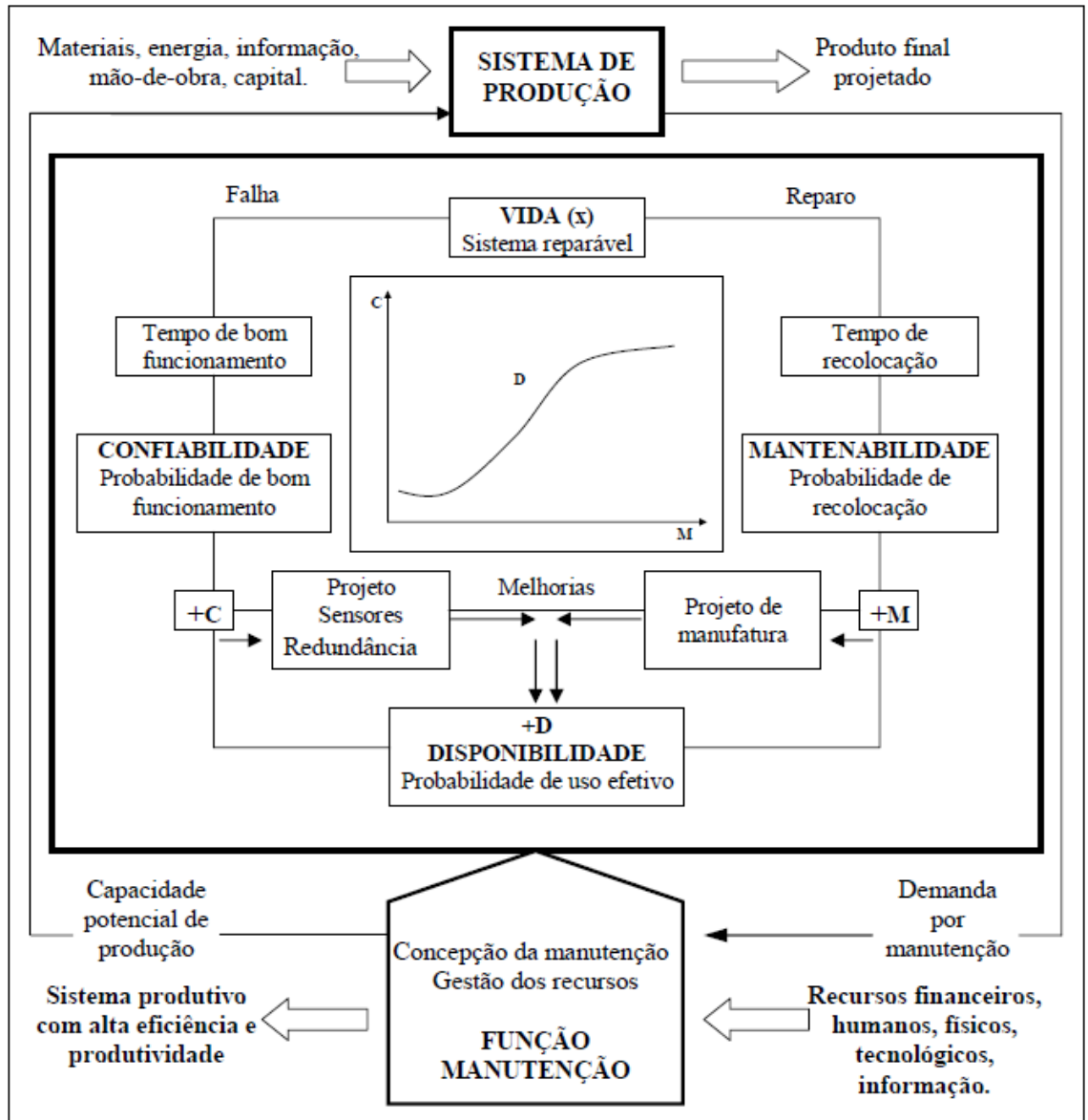
WAEYENBERGH e PINTELON (2002) destacam em seu modelo, também o fato de que a concepção de manutenção deve ser desenvolvida de forma holística, considerando aspectos técnicos e administrativos e todas as suas inter-relações, agregando-se uma condição a mais no processo de análise e estudo, além da customização 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 ideias 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.

3.3 - CONCEPÇÕES 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-relacionada 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 se apoia.



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 à 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 manutenibilidade as análises se referem a aspectos como a definição da concepção da manutenção, diagnóstico de falhas, requisitos de testabilidade, modelagem e análise da manutenibilidade, análise da acessibilidade e fator humano. O projeto fornece todos estes antecedentes, 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.

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.

3.4 - PRINCIPAIS CONCEPÇÕES DE MANUTENÇÃO

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 deve tomar na administração da manutenção, se refere 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.

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: Terotecnologia 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*), estão sendo citadas não serão analisadas por não possuir tanto importância em relação as três demais.

3.4.1 - 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.

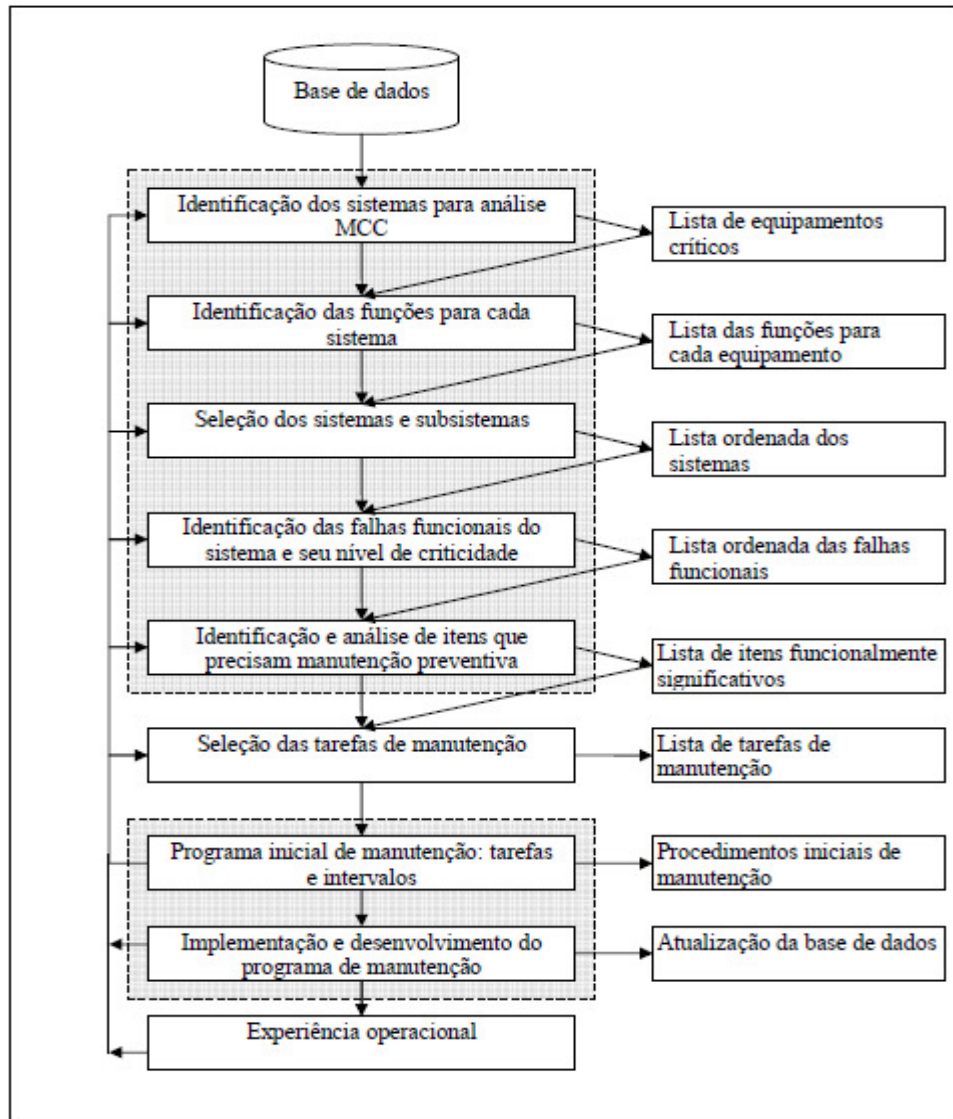
O melhor desempenho desta concepção está quando é aplicada desde as primeiras etapas do projeto de equipamentos para evoluir à medida que o projeto avança. No entanto, pode ser usada para avaliar programas de manutenção preventiva com a finalidade de introduzir melhoramentos. A MCC pode ser completamente 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.

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 sequencia 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, observe a figura.

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 devem definir os valores referenciais do sistema para assim ter um controle posterior sobre a evolução das práticas de manutenção que foram adotadas.



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 falhas dominantes;
- Priorização das falhas funcionais de acordo com as suas consequências;
- 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 consequências 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:

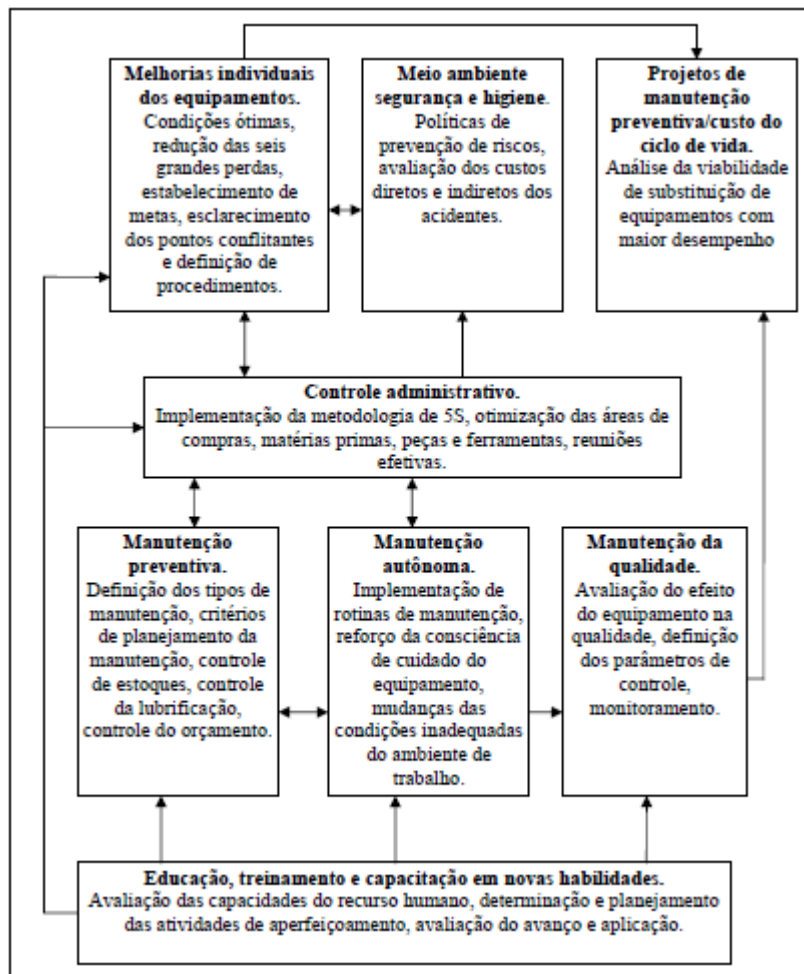
- *Essencial* do ponto de vista de segurança e do ambiente;
- *Desejável* do ponto de vista de custo-benefício (perda de capacidade operacional e indisponibilidade são consideradas custos) (FLEMING *et al.* 1997).

3.4.2 - 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 como pode ser*

observado na figura abaixo, 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.



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.

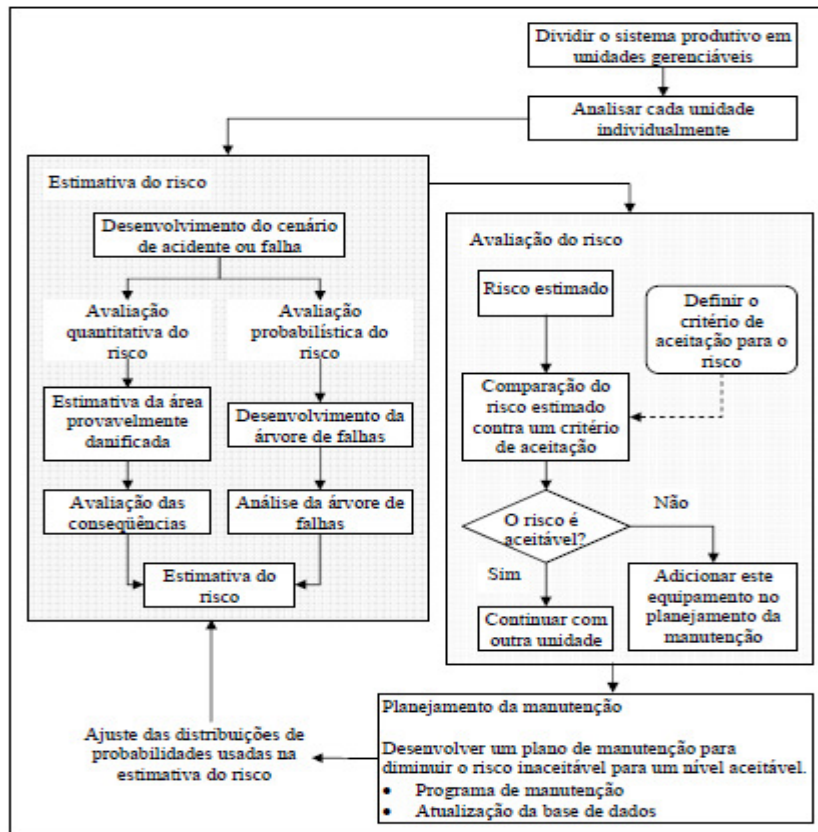
A implementação da TPM é uma tarefa não só do departamento de manutenção, como também dos departamentos de produção e da engenharia. Essa característica da metodologia força a quebra da tradicional “*rivalidade*” entre as divisões de uma mesma empresa (TAVARES, 2003). O envolvimento integrado de todos na empresa passa a ser, então, 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 atingi-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 retrabalho 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.

3.4.3 - 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.



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 consequências das falhas, análise das probabilidades para a ocorrência das falhas e estimativa de 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 reestimativa e reavaliação 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.

3.5 - 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 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.

3.5.1 Modelo para análise da maturidade da função manutenção

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.

3.5.2 - Diagrama de causalidade para avaliação técnica e definição de estratégias

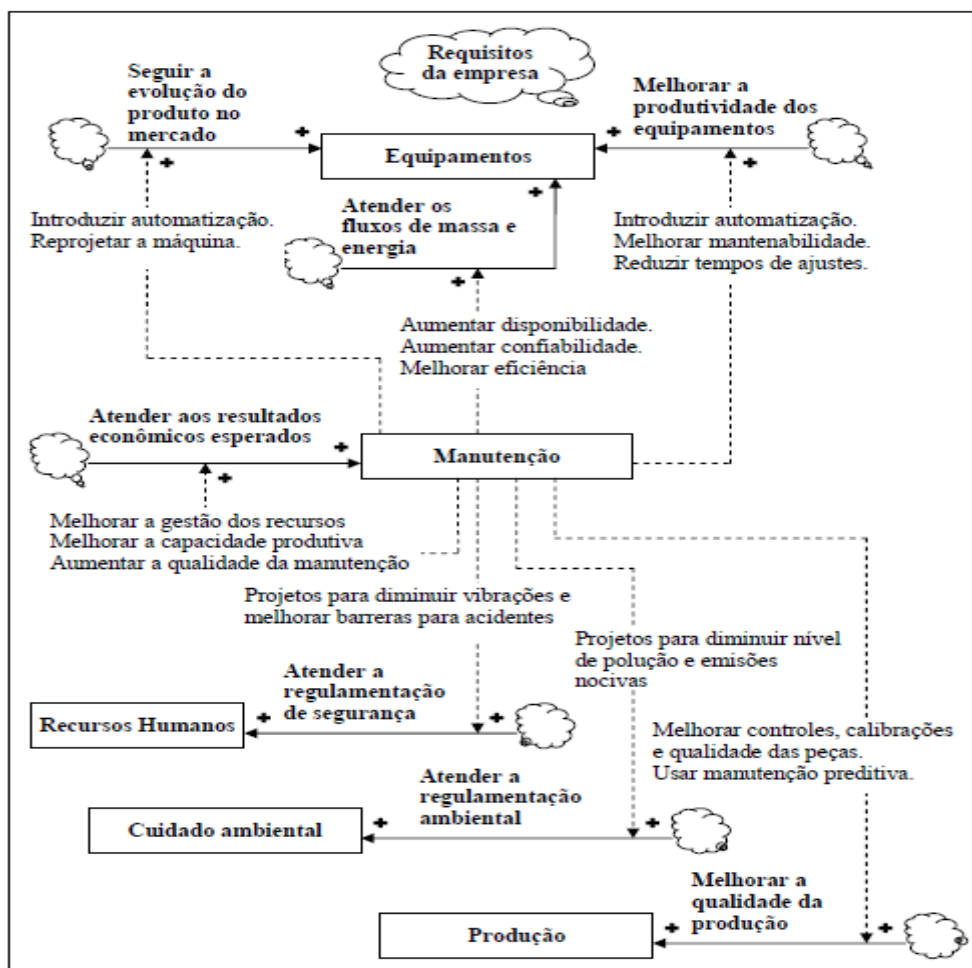
A aplicação das estratégias deve ter um objetivo e neste caso é a otimização do sistema de manufatura na sua totalidade, incluindo a função manutenção para responder assim aos requisitos que a empresa transmite para a parte produtiva (operações e manutenção). A análise de causalidade é usada nesta metodologia 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 interatuam 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 aperfeiçoar.

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 Figura). Por consequência a análise para determinar onde introduzir melhorias no sistema se vê altamente simplificado pelo uso deste método.



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 acima (figura acima) 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.

4 – GESTÃO DE CUSTOS NA MANUTENÇÃO

4.1 – INTRODUÇÃO

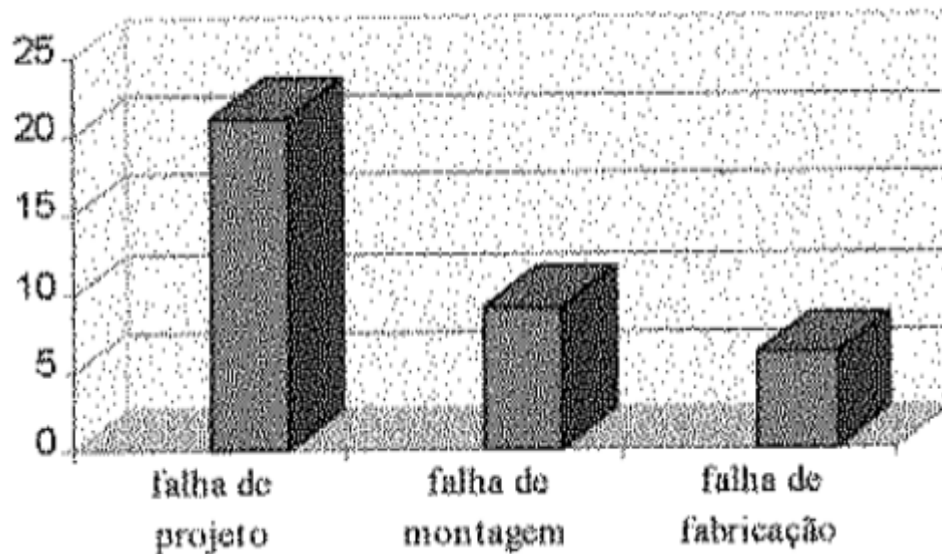
A importância da manutenção, embora se tenham custos absolutos de manutenção altos na indústria, os custos mais importantes a serem considerados na área de manutenção são os da não qualidade. O acompanhamento efetivo da manutenção em termos de custos associados permite avaliar o tipo de manutenção mais apropriado para os diferentes equipamentos e sistemas.

Assim, enquanto os custos da não qualidade envolvem despesas, tais como de garantia, serviços ao cliente, recall e o pior a parada do equipamento ou sistema. Considerando que a missão maior da manutenção é a disponibilidade de equipamentos, defende-se a idéia que os custos da não qualidade são aquelas decorrentes da falta de disponibilidade, em que o principal componente é o “lucro cessante”, além da baixa confiabilidade e desgaste que o Departamento de manutenção sofre, influenciando decisivamente em seu departamento, caminhando para o círculo vicioso.

Dessa forma, esse é um item para ser acompanhado muito de perto, pois de nada adianta gastar em manutenção e ter-se um lucro cessante (custo da não qualidade) muito alto.

Na figura abaixo, são mostrados os problemas e o tempo de parada para cada evento em fábrica. Da teoria clássica da confiabilidade de equipamentos sabe-se que existe uma taxa de falhas maior no início do funcionamento dos equipamentos, devido às falhas de projeto, fabricação e montagem.

Essa teoria é amplamente confirmada no levantamento efetuado. Aplicando Pareto, chega-se ao gráfico abaixo. Tem-se o total de 36 ocorrências, sendo que 21 devem-se à falha de projeto, nove à falha de montagem e seis à falha de fabricação.



E quanto aos custos próprios da manutenção ? É certo que é preciso ter a preocupação diuturna com os custos. Quanto à expressão, “custos são como unhas, tem-se que cortar sempre”. Porém, há que ter cuidado. Temos a crença de que é pelo aumento da confiabilidade que vamos gastar menos também na própria atividade de manutenção, pela menor quebra de equipamentos e sistemas.

4.2 – UM FEEDBACK NECESSÁRIO

Tendo em vista o considerável impacto das atividades de projeto, compras e montagem no desempenho da manutenção, feedbacks são extremamente úteis para serem passados ao pessoal que desempenha essas atividades. Melhor ainda se o pessoal oriundo da manutenção trabalhar em um novo empreendimento, desde a fase de projeto até a montagem final.

É reconhecido que existem dificuldades de se detectarem problemas ainda na fase de projeto, mas a economia para as organizações seria enorme caso algumas organizações fossem seguidas.

- As fases de projeto, compra e montagem de um grande empreendimento industrial devem ser acompanhados pelo pessoal mais experiente que a organização dispuser no momento. Se não contar nos seus quadros de pessoas com experiência em manutenção, vale a pena contratar consultores nas várias especialidades. Esta prática foi utilizada com sucesso na implantação de duas grandes Unidades de Processo em um refinaria da Petrobras.

- A equipe, composta de especialistas, deve ser unida e possuir visão sistêmica, isto quer dizer, o especialista de uma área deve pedir e até exigir a opinião dos colegas na ocasião da compra em “pacotes”, em que equipamentos de várias especialidades estão contemplados.
- Acabar com a prática de avaliar negócios na base do custo inicial. A sabedoria popular nos mostra isto no ditado: “O barato sai caro”.
- É preciso que a mão de obra de montagem seja qualificada. Há que se ocupar especificamente com esse item no planejamento de um empreendimento.
- A gerência de empreendimento nunca pode esquecer de quanto irá representar no futuro a fábrica parada em termos de lucro cessante. O gerente de um grande projeto ou obra deveria mandar espalhar para as pessoas a seguinte mensagem: “ a fábrica que estamos projetando terá um lucro cessante de x milhares de dólares por hora em caso de falhas. Pense nisso”.

4.3 – TERCEIRIZAÇÃO

As realidades japonesas e italianas mostram condições de contorno muito interessantes no processo de contratação ou terceirização. Nesses dois países existem incentivos, de forma que as empresas prestadoras de serviços tenham mercado garantido por períodos longos de tempo, o que proporciona uma qualificação adequada de seu pessoal, fruto, entre outras coisas, das relações de trabalho empresa-empregado estáveis e de melhora qualidade. Isso, infelizmente, não é o que ocorre no Brasil. Existe, segundo Kardec Pinto (1993), uma interessante relação direta entre o volume de contratação de serviços e o aumento dos custos de manutenção na indústria de petróleo no Brasil. Isso dá, basicamente, pela baixa produtividade dessa mão de obra contratada.

Os custos da não qualidade, devido à contratação excessiva na área de manutenção, ainda não foram adequadamente equacionados; a dificuldade no seu levantamento resulta na política oscilante quanto ao volume de serviços contratados. As pesquisas realizadas junto aos setores de operação de uma refinaria mostram que a contratação excessiva leva à má qualidade da manutenção, e conseqüentemente, ao aumento do lucro cessante por paradas em equipamentos.

Não resta dúvida de que uma política inteligente de contratação, na qual se procura a parceria, o desenvolvimento dos fornecedores e principalmente levar em conta o momento

e as condições tecnológicas do processo, leva a ganhos. Por exemplo, é virtualmente impossível para qualquer empresa possuir mão de obra em quantidade suficiente para uma grande parada de manutenção, assim como é inviável economicamente a manutenção manter em seus quadros pessoais altamente especializados em equipamentos em pequeno numero no processo industrial. Nesses casos, adotando-se uma política de parceria, é correto terceirizar. Entretanto, o que é visto no país é um processo de terceirização visando exclusivamente o enxugamento os quadros da empresa mãe, julgando-se apenas o custo inicial, não se levando em conta os custos decorrentes da baixa produtividade, baixa qualidade e baixo moral das equipes.

O que se obtém, normalmente, é um aumento do lucro cessante e mesmo um aumento no custo total de manutenção.

Assim, não existe receita pronta para essa equação. Mais uma vez recorreremos às teorias de qualidade. Podem-se passar vários serviços para terceiros, desde que exista um clima verdadeiro de parceria que conduza a que estes façam parte da cadeia produtiva. Tendo em vista, porém, as importâncias da manutenção dos equipamentos que trabalham num processo continuam, e também, o profundo entrelaçamento entre operação e manutenção dos equipamentos, é desejável uma equipe pequena, própria, que, segundo os preceitos da teoria de qualidade, possa trabalhar com o orgulho desenvolvido, sentindo-se parte importante do todo, bem treinada para aqueles equipamentos específicos. Propiciando contratar partes dos serviços com a segurança necessária.

Terminando este item sobre terceirização, colocam-se os prós e contras da mesma, de forma a poder se optar, para cada caso, pelo que for mais conveniente: a mão de obra própria ou terceirização. As vantagens da terceirização carregam em seu bojo as desvantagens do uso da mão de obra própria, e vice-versa.

Vantagens aparentes da terceirização:

- Efetivo menor dos departamentos de apoio
- Maior probabilidade de obter vantagens de especialização/utilização de tecnologias não disponíveis.
- Maior agilidade administrativa.
- Foco maior na atividade de manutenção por parte da contratada.
- Facilidade em suprir picos de demanda

- Promoção do desenvolvimento de pequenas e médias empresas.

Vantagens aparentes do uso da mão de obra própria (primerização):

- Pessoal, geralmente, mais motivada para a qualidade.
- Inexistência da parcela de lucro da empresa contratada.
- Facilidade maior na implantação de rotinas de qualidade devido a uma rotatividade menor dos empregados.
- Tendência a maior familiaridade com os equipamentos e com o pessoal e operação.
- Maior facilidade da Manutenção produtividade total e do “5s”;
- Maior retorno dos investimentos em treinamento.
- Manutenção, em alguns casos, de tecnologia estratégica dentro da própria empresa.

4.4 – CUSTO PRÓPRIO X CONTRATADO

Um aspecto relevante na questão de custos é que algumas vezes se contratam terceiros sem uma análise mais profunda dos custos.

- Não considerar no custo os valores despendidos com fiscais, técnicos, e administrativos da contratante, que devem, para efeito de comparação ser diluído no custo da mão de obra contratada.
- Não considerar a produtividade do pessoal envolvido. Estudos de “amostragem de trabalho” mostram que trabalhadores próprios podem apresentar produtividades até 30% maior do que trabalhador contratado.
- Não considerar os custos decorrentes das falhas em equipamentos. Reconhecemos que este é um item de difícil mensuração.

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

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 permitam 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, tem 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.

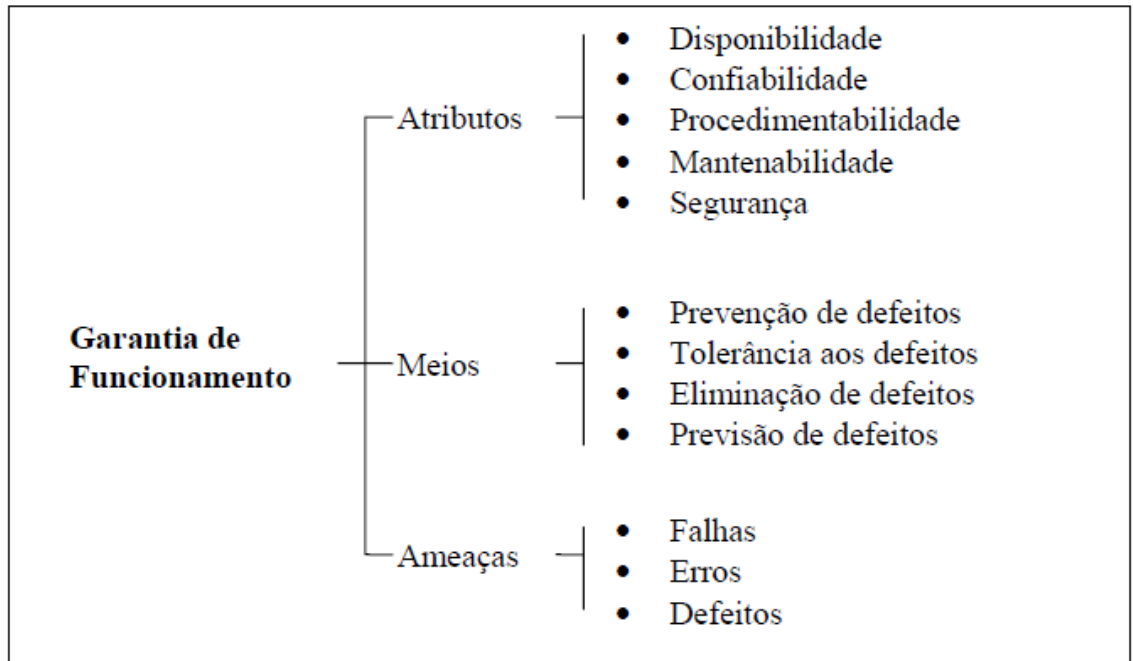
5.2 - GARANTIA DE FUNCIONAMENTO

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.

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



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.

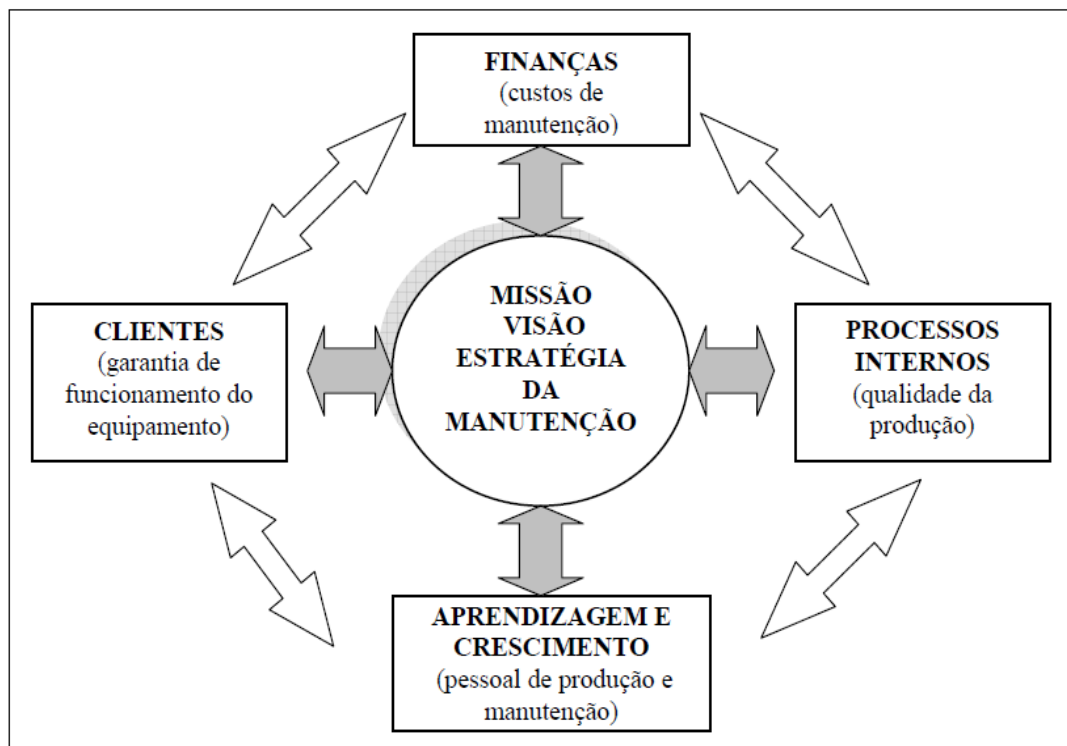
5.3 - INDICADORES DE EFICIÊNCIA

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.

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. 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.



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

Para a função manutenção, o detalhe dos aspectos será:

- Finanças: para serem bem sucedidos financeiramente, como se deveriam 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 deveriam manter os clientes?
- Aprendizado e crescimento: para alcançar a visão, como sustentar a capacidade da empresa de mudar e melhorar?

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 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.

Dispor 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 Figuras. 1 e 2, 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.

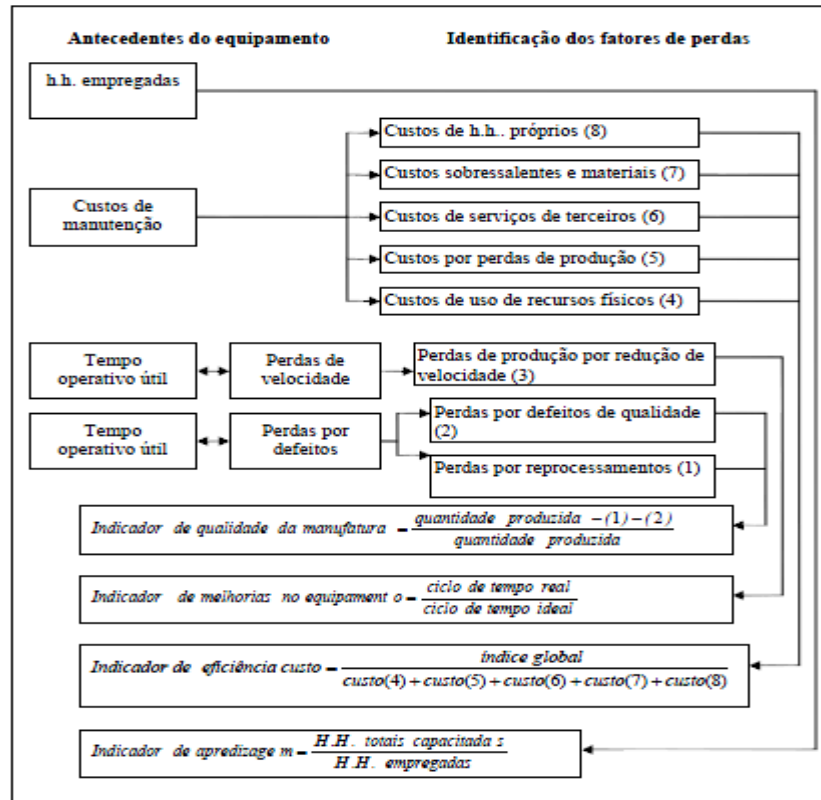


Figura 1 - Indicadores para os aspectos de finanças, processo interno e de aprendizagem.

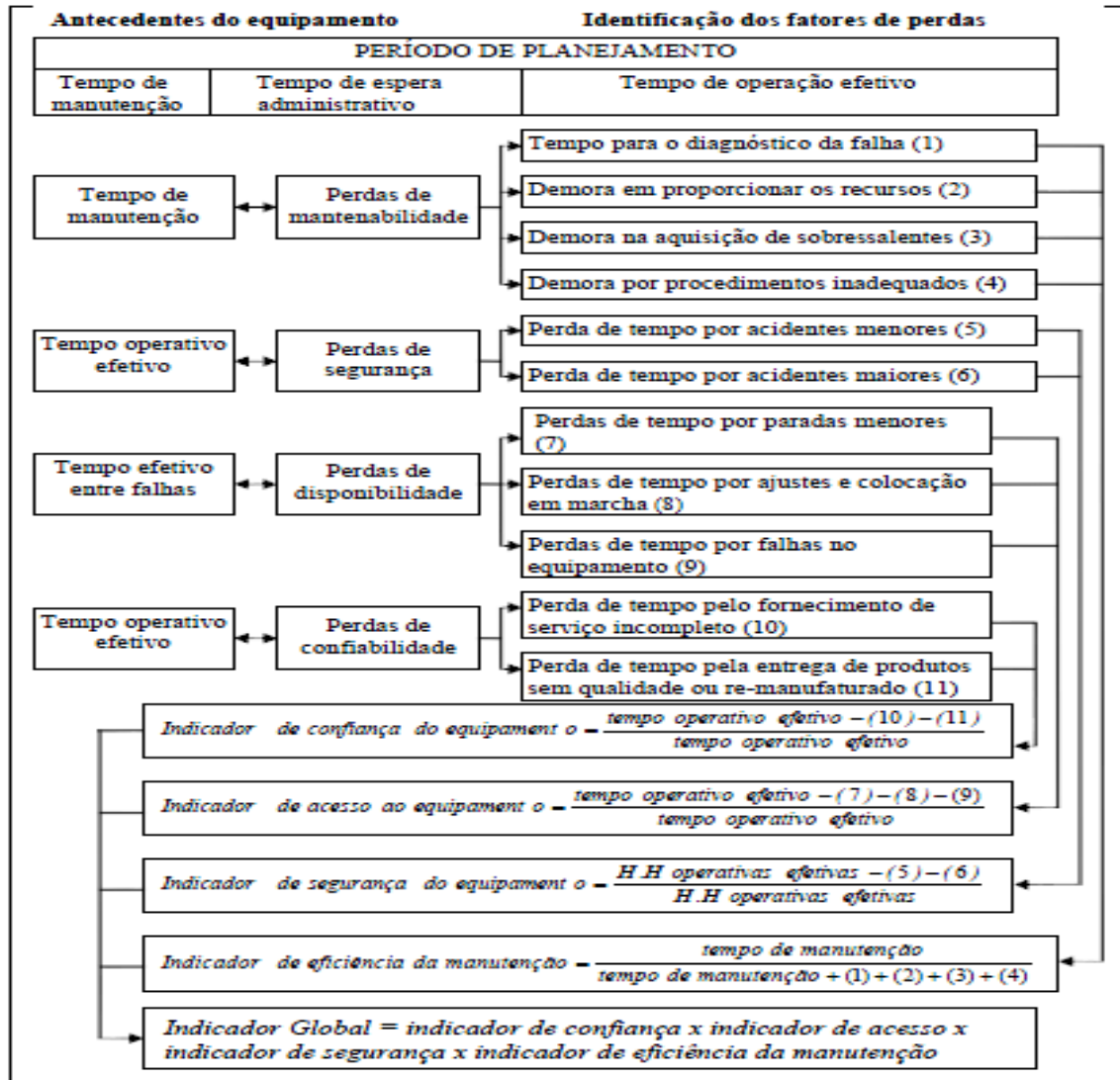


Figura 02 - Indicadores diretos relacionados ao desempenho do equipamento

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 consequências 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 deveu-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, deveu-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 fornece o conjunto das máquinas ou equipamentos que participam do seu processo de fabricação.

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, para o que é muito importante se assegurar que os equipamentos estão propriamente mantidos e são altamente confiáveis.

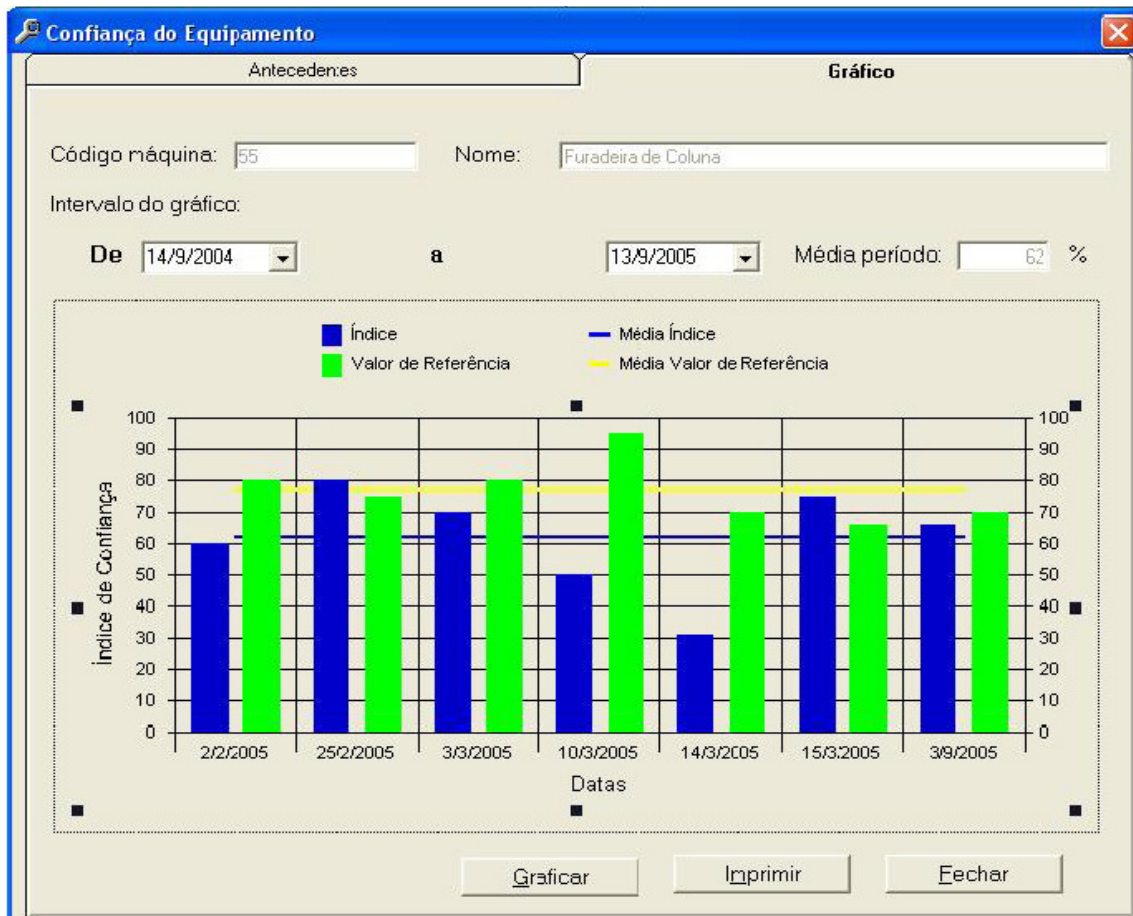
A confiança no equipamento se refere ao fato de poder contar com a máquina, para que o produto projetado seja fabricado em um período de tempo dado e com a qualidade que está definida. O equipamento passa a ser não confiável se ocupar parte do tempo atribuído à produção, ocupar mais tempo do que o programado (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 Figura abaixo, 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).

Tela para a introdução de dados para calcular a confiança no equipamento



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 e outra base para o melhoramento dos aspectos de projeto do sistema.

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.

Diante de um valor de eficiência da manutenção, fora dos limites definidos como aceitáveis pelo responsável da gestão da manutenção, 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, 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. Podem ser incluídas 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:

Perda por danos na máquina 5 (h)

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

Índice de acesso ao equipamento: 80 %

Modificar Remover Incluir Imprimir Fechar

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 funcionamento) 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 afetado 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.

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 qualquer que seja o valor padrão proposto devem-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, às 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.

5.4.6 - Índice global

O índice global corresponde a multiplicação de todos os indicadores considerados anteriormente. Incorporaram-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. 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.

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 pode-se fazer extensivo mediante um valor médio ponderado pela criticidade de cada máquina. 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.

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.

Os melhoramentos são medidos pelo aumento da taxa de confiança 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.

De todas as maneiras, manter este indicador num valor próximo ao máximo, 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 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, o qual se relaciona com o índice global e com todas as despesas resultantes de falhas e consequentes 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 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.

5.4.9 - 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 reprojeto do equipamento ou na redefinição das ações de manutenção.

6 – CONCLUSÕES

6.1 - INTRODUÇÃO

A ideia 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 resposta pode estar associada ao fato de que o pessoal de manutenção não aplica na forma certa uma metodologia que apoie 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. 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 condição para a seleção de uma concepção de manutenção, se definiu outro grupo de informações complementares as anteriores, as quais estão relacionados 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 atendida, 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 completa 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 início 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 - 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 apoia 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.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. "Confiabilidade - Terminologia, NBR - 5462", Rio de Janeiro: ABNT, 1981
- ABNT. "Normas de Gestão da Qualidade e Garantia da Qualidade: Diretoria e Uso, NBR - 19000". Rio de Janeiro: ABNT, 1990.
- ARANTES DA COSTA E., 2002, **Gestão estratégica**. Editora Saraiva.
- CAMPOS, Vicente F. "Controle de Qualidade Total". Fundação Christiano Ottone, Belo Horizonte 1992.
- CHEN I., SMALL M. Planning for advanced manufacturing technology. International Journal Of Operation & Production Management. Vol. 16, 1996.
- DEMING, Willian E. "Out of the Crisis". Institute of Tehnology, Cambridge, Ma 1986.
- FOLLEDO, Manuel et al. "Controle Estatístico do Processo". UNICAMP - Campinas
- ISHIKAWA, Kaoru. "TQC - Total Quality Control -Estratégia e Administração de Qualidade". IMC - São Paulo -1986.
- PETROBRAS, "relatório de Indicadores Gerenciais de Manutenção". Divisão Técnica do Departamento Industrial – 1994, Rio de Janeiro 1995.
- PINJALA S., PINTELON L., VEREECKE A. **An empirical investigation on the relationship between business and manitenance strategies**. Int. J. Production Economics (Article in press). Disponível em www.sciencedirect.com
- Disponível em: <http://unicamp.com.br>. Manutenção Industrial Unicamp Acesso em Fev 2012 ;
- FOGLIATTO, Flavio Sanson e RIBEIRO, José Luis Duarte. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. São Paulo, Santuário,(20?);
- VERRI, Luiz Aberto. **Gerenciamento pela Qualidade Total na Manutenção Industrial**, Rio de Janeiro, 2007;
- Disponível em: <http://4shred.com> SENAI - Tecnologia em Manutenção Industrial - Higiene e Segurança do Trabalho. Acesso em Jan 2012 .