



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
Curso de Engenharia Mecânica

ALEXANDRE DA SILVA DUTRA

**REDUÇÃO DE CUSTO DA MANUTENÇÃO POR MEIO DA ADOÇÃO DE UMA
CULTURA PROATIVA FOCADA NA CONFIABILIDADE**

SÃO LUIS - MA
2019

ALEXANDRE DA SILVA DUTRA

**REDUÇÃO DE CUSTO DA MANUTENÇÃO POR MEIO DA ADOÇÃO DE UMA
CULTURA PROATIVA FOCADA NA CONFIABILIDADE**

Monografia de graduação apresentada ao Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual do Maranhão como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Jean Robert Pereira Rodrigues

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA MONOGRAFIA DEFENDIDA PELO(A) ALUNO (A) ALEXANDRE DA SILVA DUTRA, E ORIENTADO PELO(A) PROF(A). DR(A) JEAN ROBERT PEREIRA RODRIGUES

ASSINATURA DO(A) ORIENTADOR(A)

SÃO LUIS - MA
2019

Dutra, Alexandre da Silva.

Redução de custo da manutenção por meio da adoção de uma cultura proativa focada na confiabilidade / Alexandre da Silva Dutra. – São Luís, 2019.

41 f

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual do Maranhão, 2019.

Orientador: Prof. Dr. Jean Robert Pereira Rodrigues.

1.Manutenção proativa. 2.Confiabilidade. 3.Custos da manutenção. I.Título

CDU: 62-7

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA E PRODUÇÃO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**REDUÇÃO DE CUSTO DA MANUTENÇÃO POR MEIO DA ADOÇÃO DE UMA
CULTURA PROATIVA FOCADA NA CONFIABILIDADE**

Autor: Alexandre da Silva Dutra

Orientador: Prof. Dr Jean Robert Pereira Rodrigues

A Banca Examinadora composta pelos membros abaixo aprovou esta Monografia:

Prof. Dr Jean Robert Pereira Rodrigues
Instituição: UEMA

Prof. Dr. José Roberto Pereira Rodrigues
Instituição: UFMA

Prof. Mc. Profirio Alves de Sousa Junior
Instituição: IFMA

Aprovada em, 27 de Junho de 2019.

Dedicatória

Dedico esse trabalho a todas as pessoas que acreditaram em meu potencial, em especial a minha família, que sempre estiveram ao meu lado me ajudando em momentos difíceis onde pude aprender a superar momentos difíceis em minha vida.

Agradecimentos

Primeiramente a Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades e permitir que tudo isso acontecesse.

A todos os meus familiares que sempre me apoiaram nesta jornada.

Ao professor e orientador Dr. Jean Robert Pereira Rodrigues. Pelo suporte no pouco tempo que lhe coube, pelas suas correções e incentivos.

Aos amigos que sempre estiveram ao meu lado me dando força e confiança.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para que eu pudesse chegar até aqui.

Resumo

As estratégias de manutenção são projetadas para garantir a disponibilidade e a eficiência das unidades, equipamentos e instalações, assegurando a duração de sua vida útil e minimizando os custos de manutenção. Técnicas eficazes de manutenção preservam a função e operacionalidade, otimizando o desempenho e aumentando a vida útil dos equipamentos. Este trabalho busca, por meio de um estudo teórico, fornecer uma linha de entendimento e aplicação adequada da gestão da manutenção sendo adotada uma cultura proativa focada na confiabilidade como forma de se obter a redução de custos na manutenção. O estudo busca compreender a dinâmica dos custos de manutenção, fazendo a aplicação da manutenção como instrumento de planejamento e gestão, implementando o cenário da manutenção ao conceito clássico de gestão da manutenção, evidenciando sua eficiência. Sabe-se que em manutenção, quanto menor a probabilidade de falha, maior a confiabilidade do sistema. O objetivo de um programa de confiabilidade de equipamentos é monitorar efetivamente equipamentos, procedimentos e dados que abrangem a vida útil dos equipamentos. As vantagens de um programa de confiabilidade incluem a eliminação de desligamentos inesperados, reduzindo as perdas de produção fazendo com que a empresa experimente uma redução nos custos de reparação e manutenção.

Palavras-chave: Manutenção. Manutenção Proativa. Confiabilidade. Custos da Manutenção.

Abstract

Maintenance strategies are designed to ensure the availability and efficiency of units, equipment and installations, ensuring the life of the unit and minimizing maintenance costs. Effective maintenance techniques preserve function and operability, optimizing performance and increasing equipment life. This work seeks, through a theoretical study, to provide a line of understanding and adequate application of maintenance management, adopting a proactive culture focused on reliability as a way to obtain cost reduction in maintenance. The study seeks to understand the dynamics of maintenance costs, making the application of maintenance as an instrument of planning and management, implementing the scenario of maintenance to the classic concept of maintenance management, evidencing its efficiency. It is known that in maintenance, the lower the probability of failure, the greater the reliability of the system. The goal of an equipment reliability program is to effectively monitor equipment, procedures, and data that span equipment life. The advantages of a reliability program include eliminating unexpected shutdowns, reducing production losses, causing the company to experience a reduction in repair and maintenance costs.

Keywords: Maintenance. Proactive maintenance. Reliability. Maintenance Costs.

Lista de Ilustrações

| | |
|---|----|
| Figura 2.1 – Representação dos custos da manutenção..... | 13 |
| Figura 2.2 – O impacto da PM nas perdas de receita..... | 13 |
| Figura 3.1 – Recursos que devem ser levados em conta ao avaliar a oportunidade perdida... | 25 |

Lista de Tabelas

| | |
|---|----|
| Tabela 2.1 – Considerações sobre custos de manutenção | 12 |
|---|----|

Lista de Abreviaturas e Siglas

| | |
|-------|--|
| AC | Análise de Criticidade |
| ACR | Análise de Causa Raiz |
| CBP | Melhores Práticas Atuais |
| CM | Manutenção Corretiva |
| CMMS | Sistemas Informatizados de Gerenciamento De Manutenção |
| FFS | Aptidão-Para-Serviço |
| FTM | Manutenção de Prazo Fixo |
| HR | Relações Humanas |
| IBR | Inspeção Baseada no Risco |
| JIT | Just-In-Time |
| MBR | Manutenção Baseada em Risco |
| MCO | Melhoria da Confiabilidade Operacional |
| MCC-R | Manutenção Centrada na Confiabilidade Reversa |
| MTBF | Tempo Médio Entre Falhas |
| NDT | Técnicas de Testes não Destrutivos |
| OCR | Otimização de Risco de Custo |
| PDM | Manutenção Preditiva |
| PM | Manutenção Preventiva |
| RCA | Análise de Causa Raiz |
| RCFA | Análise de Falha de Causa Raiz de |
| RCM | Manutenção Centrada na Confiabilidade |
| ROFA | Retorno Sobre Imobilizado |
| TPM | Manutenção Produtiva Total |
| TQM | Gestão da Qualidade Total |

Sumário

| | |
|---|------|
| FOLHA DE ROSTO | i |
| FICHA CATALOGRÁFICA | ii |
| FOLHA DE APROVAÇÃO | iii |
| DEDICATÓRIA..... | v |
| AGRADECIMENTOS..... | vii |
| RESUMO | ix |
| ABSTRACT..... | xi |
| LISTA DE ILUSTRAÇÕES | xiii |
| LISTA DE TABELAS | xv |
| LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS | xvii |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 2 REVISÃO DA LITERATURA | 2 |
| 2.1 - MANUTENÇÃO..... | 2 |
| 2.2. OBJETIVOS DA GESTÃO DA MANUTENÇÃO..... | 4 |
| 2.3 TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO | 5 |
| 2.4 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM) | 6 |
| 2.5 ANÁLISE DE CAUSA RAIZ (ACR)..... | 6 |
| 2.6 MELHORIA DA CONFIABILIDADE OPERACIONAL (MCO)..... | 6 |
| 2.7 MANUTENÇÃO PREVENTIVA | 7 |
| 2.8 MANUTENÇÃO PREDITIVA | 8 |
| 2.9 GESTÃO PRODUTIVA TOTAL..... | 9 |
| 2.10 MELHORIA CONTÍNUA..... | 9 |
| 2.11 CUSTOS E BENEFÍCIOS DO TPM..... | 10 |
| 3 PRÁTICAS PARA MELHORIA DA CONFIABILIDADE | 15 |
| 3.1 OS PRINCÍPIOS DO RCM | 16 |
| 3.2 FALHA | 17 |
| 3.3 CONSEQÜÊNCIAS DO FRACASSO..... | 18 |
| 4 CUSTOS DA MANUTENÇÃO..... | 20 |

| | |
|--|----|
| 4.1 CUSTOS POR TEMPO DE INATIVIDADE..... | 20 |
| 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 27 |
| REFERÊNCIAS | 29 |

1 INTRODUÇÃO

Dentro de muitas indústrias baseadas em usinas em grande escala, os custos de manutenção podem representar até 40% do orçamento operacional, SONDALINI, M. (2000), e, portanto, melhorar a eficácia da manutenção é uma fonte potencial de economia financeira. O ambiente competitivo comumente encontrado no mercado exige que as indústrias tentem sustentar as capacidades de produção máxima continuamente, ao mesmo tempo em que minimizam o investimento de capital.

Da perspectiva das manutenções, isso envolve maximizar a confiabilidade do equipamento (ou seja, o tempo de atividade), incluindo prolongar a vida útil do equipamento. A operação inteligente e a manutenção cuidadosa devem juntas, oferecer confiabilidade de produção econômica e devem ser a base para uma tomada de decisões de gerenciamento inteligente. Infelizmente, muitos setores têm demorado a programar iniciativas de gerenciamento de projetos.

No geral, o objetivo de qualquer organização é aumentar a lucratividade. A função de manutenção e gestão de ativos pode aumentar os lucros de duas maneiras principais, ou seja, diminuindo os custos de operação e aumentando a capacidade. Se o custo de manutenção anual exceder 5% do valor do ativo, a organização provavelmente estará em dificuldades financeiras.

O custo total de manutenção depende da qualidade do equipamento, do modo como é usado, da política de manutenção e da estratégia de negócios. O sábio dono da empresa compra equipamento que subsequentemente precisará de pouca manutenção, ou seja, é altamente improvável que ele falhe, SONDALINI, M. (2000).

Este trabalho busca, por meio da elaboração de uma pesquisa bibliográfica, fornecer uma linha de entendimento e aplicação adequada da gestão da manutenção a serviço da redução de custos na manutenção como um todo, por meio da adoção de uma cultura proativa focada na confiabilidade. Além de compreender a dinâmica dos custos de manutenção, fazendo a aplicação da manutenção preventiva como instrumento de planejamento e gestão, implementando o cenário da manutenção ao conceito clássico de gestão da manutenção preventiva, evidenciando sua eficiência.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 - MANUTENÇÃO

A evolução do conceito de manutenção baseia-se sobre os aspectos básicos de manutenção, algumas definições básicas são:

- **Manutenção preventiva:** Uma tarefa envolvendo mudanças/reconstruções de peças/equipamentos em uma base regular, independentemente do estado do mesmo;
- **Manutenção preditiva:** Pesquisa por inspeções periódicas para determinar quando alterar ou reconstruir uma peça/equipamento, dependendo do estado atual do mesmo;
- **Manutenção de detecção:** Procura detectar a ocorrência de falhas escondidas na proteção e/ou no equipamento alternativo;
- **Manutenção corretiva:** restituição do equipamento ao estado operacional ideal após a ocorrência de uma falha;
- **Manutenção Baseada em Risco:** matematicamente dado pelo produto da probabilidade de ocorrência de um evento e suas consequências.

Houve um crescimento significativo de novos conceitos de manutenção e metodologias aplicadas à gestão da manutenção nas indústrias de todo o mundo ao longo dos anos de desenvolvimento desta temática. Até o final da década de 90, os desenvolvimentos alcançados na 3ª geração de manutenção incluíram:

- Ferramentas de apoio à decisão, como estudos de risco, modos de falha e análise de causa de falhas;
- Novas técnicas de manutenção, como monitoramento de condições;
- Projete equipes, dando muita relevância à confiabilidade e à Manutenção;
- Uma grande mudança no pensamento da organização para a participação do trabalho em equipe.

Para estes usos, novas tendências, técnicas e filosofias de manutenção foram adicionadas até os dias atuais, de tal forma que agora podemos falar de uma "quarta geração" de manutenção.

A nova abordagem se concentra em eliminar falhas usando técnicas proativas. Não é mais suficiente para eliminar as consequências da culpa, mas para encontrar a causa dessa falha para eliminá-lo e, assim, impedi-lo de se repetir, ZAIRI, M. (1991).

Há também uma preocupação crescente sobre a importância da manutenção e confiabilidade do equipamento, por isso é fundamental levar esses valores em conta a partir da fase de design do projeto. Outro ponto importante é a tendência a implementar sistemas de melhoria contínua dos planos de manutenção preventiva e preditiva, para a organização e execução da manutenção. Além destas características descritas acima, há dois outros tópicos importantes na manutenção como a conhecemos.

Gestão de riscos – É a ferramenta que ajuda a identificar e controlar possíveis eventos que têm uma baixa probabilidade, mas consequências graves, especialmente em organizações que operam em indústrias de risco. A manutenção está sendo vista como um participante-chave neste processo. No passado, tais eventos eram simplesmente controlados por uma extensão dos sistemas de gestão de segurança e meio ambiente implementados em cada empresa. No entanto, há uma percepção crescente de que a aplicação desses sistemas de manejo às "baixas probabilidades/consequências graves" não é efetiva, por isso é necessário desenvolver outras metodologias, ZAIRI, M. (1991).

Padrões de falha – São indicadores que estão mudando muitas das crenças tradicionais sobre o relacionamento que existe em uma máquina entre o envelhecimento e o fracasso. Em particular, tem sido demonstrado que para muitas equipes há muito pouca relação entre o tempo de operação e a probabilidade de falha. A abordagem inicial para a manutenção significava que a probabilidade de uma máquina falhar aumenta dependendo do tempo de operação, e a probabilidade de falha na "velhice" da máquina é maior. A segunda geração de manutenção introduziu o conceito de "mortalidade infantil". Esta maneira a taxa da falha de uma máquina pode ser representada com uma curva da Cuba, assim sendo mais provável falhar durante o começo e o fim de sua vida útil. No entanto, na manutenção atual, foi demonstrado que podemos definir seis padrões de taxa de falha diferentes, dependendo do tipo de

máquina que estamos usando. Tendo em conta o padrão para o qual cada elemento é ajustado, e é essencial, se o objetivo é alcançar o planejamento de manutenção ideal, ZAIRI, M. (1991).

2.2. OBJETIVOS DA GESTÃO DA MANUTENÇÃO

GARVIN D. A. (1991) afirma que a fim de avaliar a gestão da manutenção, os objetivos que a manutenção pretende alcançar devem ser claramente definidos. Esses objetivos serão determinados de acordo com os objetivos da empresa (rentabilidade em mercados competitivos). A melhor maneira de saber se esses objetivos são alcançados ou não, é entender como eles contribuem para melhorar a competitividade da empresa, além de quantificá-los em termos monetários.

As estratégias de manutenção são projetadas para garantir a disponibilidade e a eficiência das unidades, equipamentos e instalações, assegurando a duração de sua vida útil e minimizando os custos de manutenção, no âmbito do Segurança e meio ambiente.

Os fatores críticos de sucesso do gerenciamento de manutenção são disponibilidade e eficiência, o que indicará a fração de tempo em que as unidades ou equipamentos estão em condições de serviço (disponibilidade) e a fração de tempo que seus resultados de serviço estão sendo eficazes para a produção, LEZLO, G. P. (1999).

A disponibilidade só deve estar disponível quando necessária, o que não quer dizer que ela deve ser igual em todos os recursos (unidades), porque depende fortemente da criticidade de cada uma das unidades, e essa criticidade pode variar muito de acordo com as condições de mercado e prioridades internas da linha de manutenção.

Ter demasiada disponibilidade em recursos (unidades) que não necessitam só provoca um excesso de custos, fazendo uso excessivo de recursos de manutenção. A melhoria nas duas proporções de disponibilidade e eficiência e a redução dos custos de manutenção são o aumento da rentabilidade da empresa e, portanto, tem influência direta sobre os lucros.

O principal objetivo da manutenção é preservar a função e operacionalidade, otimizando o desempenho e aumentando a vida útil dos ativos, assegurando o

investimento ideal de recursos. Esta abordagem de manutenção é o resultado de uma evolução significativa ao longo do tempo.

DAFT, Richard L. (1992), distingue entre três gerações de manutenção diferentes. Cada um deles representa as práticas recomendadas usadas em um determinado momento.

2.3 TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO

Segundo, LEZLO, G. P. (1999), existem inúmeras ferramentas diferentes, técnicas, metodologias e filosofias de manutenção. Alguns dos mais utilizados, entre outros, podem ser:

- Manutenção autônoma/ manutenção produtiva total (TPM)
- Melhoria da confiabilidade operacional (MCO)
- Manutenção centrada na confiabilidade (RCM)/(MCC)
- Manutenção baseada em risco (MBR)
- Manutenção centrada na confiabilidade reversa (MCC-R)
- Análise de causa raiz (ACR)
- Análise de criticidade (AC)
- Otimização de risco de custo (OCR)
- Inspeção baseada no risco (RBI) (IBR)

Os métodos para melhorar a confiabilidade, portanto poderiam ser divididos em dois métodos proativos e reativos.

Métodos proativos: procuram a melhoria da confiabilidade usando as técnicas que permitem a eliminação gradual de falhas crônicas e potenciais. Exemplos claros são a manutenção focada na confiabilidade e na manutenção produtiva total.

Métodos reativos: procuram de forma rápida e eficaz a solução dos problemas cotidianos e evitam a repetição de grandes acontecimentos. Em geral, estes são

métodos especialmente "pós morte" o melhor expoente deste método é a análise de causa raiz.

2.4 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM)

Conhecido pelos grandes benefícios que ganhou nas empresas de manufatura. Ele demonstrou seu poder no Japão e começou a se espalhar por todo o mundo. Faz um grande esforço para trabalhar em equipes. É fortemente apoiada na limpeza e lubrificação como fontes que eliminam problemas crônicos. Requer uma profunda cultura de trabalho em equipe e um senso de posse dos bens pelos trabalhadores, LEZLO, G. P. (1999).

Não possuir estes exige um trabalho forte na mudança cultural. Está intimamente ligada aos conceitos de melhoria contínua da qualidade e filosofias de falha zero. Difícil de aplicar em empresas de processo, devido, em muitos casos, aos equívocos que resultam nos conceitos de qualidade e defeitos, por outro lado, o problema cultural pode dificultar a implantação a níveis de frustração.

Quando a implementação bem-sucedida foi alcançada, grandes realizações foram feitas em relação aos custos de segurança, ambiente, confiabilidade, disponibilidade e manutenção.

2.5 ANÁLISE DE CAUSA RAIZ (ACR)

Técnica poderosa que permite a solução de problemas, com foco a curto e médio prazo. Ele usa técnicas de pesquisa bastante minuciosas, com a intenção de eliminar as causas de problemas/falhas. Seu valor não só reside na eliminação de grandes eventos, mas na eliminação de eventos crônicos, que tendem a devorar recursos de manutenção. Ao eliminar problemas crônicos e pequenos, gera tempo para uma análise mais aprofundada (por exemplo, RCM), LEZLO, G. P. (1999).

2.6 MELHORIA DA CONFIABILIDADE OPERACIONAL (MCO)

A melhoria na confiabilidade operacional desenvolvida no Reino Unido com a intenção de agrupar as melhores práticas de manutenção e operações com uma orientação de negócios. Reconhece as limitações que a manutenção como uma função tem que conseguir a confiabilidade adequada das facilidades.

Há também a inspeção baseada em risco, que estabelece padrões de inspeção de equipamentos estáticos (caldeiras, linhas de transmissão, etc.), dependendo do seu risco associado, novas abordagens permitem usar o software para levar em conta também o estado atual do equipamento, que desencadeia a otimização contínua por custo/risco e não uma frequência de inspeção fixa, LEZLO, G. P. (1999).

Os relatórios econômicos foram substanciais, além dos benefícios da disponibilidade e da produção. Também é possível otimizar com este tipo de técnicas a frequência de busca de falhas ocultas (investigação de falhas, manutenção detectiva), deixando de usar, em seguida, fórmulas mágicas que não geram uma frequência ideal por custo/risco, podendo simular fatores como probabilidade de sucesso do teste e probabilidade de destruição do equipamento testado.

2.7 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

A PM reduz a quantidade de manutenção reativa a um nível que permite que outras práticas no processo de manutenção sejam econômicas. As indústrias brasileiras precisam se concentrar mais nos fundamentos da PM se quiserem alcançar o status de “melhor da categoria”, com uma proporção de mais de 80% de manutenção proativa para menos de 20% de manutenção reativa, LEZLO, G. P. (1999).

PM é realizado para manter o equipamento em condições operacionais satisfatórias: ele é dividido em manutenção baseada em tempo e condição. A manutenção baseada no tempo é executada após intervalos de tempo fixos, seja um problema aparente ou não, a fim de evitar falhas nos itens durante a operação.

A manutenção baseada no tempo tem um grande custo para o usuário em manter o nível necessário de confiabilidade, porque a maioria dos itens é substituída prematuramente, apesar de ainda ter vidas úteis restantes. A manutenção baseada em

condições é aplicável a componentes que tendem a se deteriorar rapidamente com o tempo.

No entanto, geralmente não é rentável monitorar a condição de cada componente: alguns serão relativamente inacessíveis para monitoramento.

Inventário (lojas) e suprimento - Deve haver um foco em fornecer as peças certas nos momentos necessários sem ter grandes gastos financeiros com estoques ociosos por períodos prolongados.

Fluxos de trabalho e controles - Um procedimento de ordem de trabalho deve ser usado para iniciar, rastrear e registrar todas as atividades de manutenção. O processo começará como uma solicitação que precisa de aprovação. Uma vez aprovado, o trabalho é planejado, depois agendado, realizado e finalmente registrado.

Todas as atividades de manutenção são rastreadas através do sistema de trabalho. Pelo menos 80% de todo o trabalho de manutenção deve ser planejado semanalmente: a conformidade programada deve ser de pelo menos 90% semanalmente.

Os sistemas de gerenciamento de manutenção na maioria das empresas são tão complexos que exigem a informatização da coleta, processamento e análise dos dados. O software CMMS gerencia as funções do PM e fornece suporte para algumas práticas excelentes.

Envolvimento do Departamento de Operações - Deve haver melhor integração entre operários de produção e manutenção; portanto, todo o pessoal operacional deve receber treinamento básico de manutenção.

2.8 MANUTENÇÃO PREDITIVA

O foco deve ser investigar e comprar a tecnologia que resolve ou mitiga problemas crônicos de equipamentos. As inspeções de PDM devem ser planejadas e programadas utilizando as mesmas técnicas usadas para agendar as tarefas de gerenciamento de projetos. Todos os dados devem ser integrados no CMMS.

2.9 GESTÃO PRODUTIVA TOTAL

O TPM, segundo TSANG A. H. C, (2002), que se concentra nas pessoas e é parte integrante do TQM, define a organização do trabalho de manutenção aplicando as seguintes ações:

Cultivar um sentido de propriedade no operador introduzindo a manutenção autônoma do operador, por meio da qual o operador assume a responsabilidade pela atenção primária do maquinário. As tarefas envolvidas incluem inspeção de rotina, lubrificação, ajustes, pequenas reparações, bem como a limpeza e arrumação do seu espaço de trabalho.

O aperfeiçoamento das habilidades e o conhecimento do operador de equipamentos para maximizar a eficácia operacional. O operador é assim mobilizado para detectar quaisquer sinais precoces de deterioração, desgaste, desajuste, vazamentos de óleo, aparas errantes ou partes soltas. Deve-se considerar como seu dever propor sugestões de melhoria para eliminar perdas devido a um desempenho abaixo do ideal ou de avaria da planta.

Usa-se equipes multifuncionais consistindo de operadores, mantenedores, engenheiros e gerentes para melhorar o desempenho de pessoal e equipamentos.

Estabeleça um cronograma de limpeza e PM para estender a vida útil da fábrica e maximizar seu tempo de atividade.

A alta gerência deve demonstrar seu compromisso com o TPM, dedicando tempo suficiente e alocando recursos adequados para criar e manter as mudanças culturais necessárias e para fornecer treinamento aos funcionários para obter manutenção autônoma.

2.10 MELHORIA CONTÍNUA

A busca contínua por melhores métodos para realizar uma tarefa é caracterizada pela determinação de melhorias incrementais e radicais nos processos existentes. Concentrar-se nos processos existentes diferencia a melhoria contínua de outras abordagens, como a reengenharia, que desconsidera os procedimentos existentes e desenvolve novas formas de realizar a tarefa, (Martelo. M, 1990).

A melhoria contínua como parte do atendimento de ativos é uma evolução contínua que inclui a busca contínua de “pequenas coisas” que podem tornar uma organização mais competitiva. Uma das principais ferramentas para alcançar a melhoria contínua é o benchmarking de melhores práticas, que examina o processo de manutenção atualmente empregado e o compara com aqueles nas organizações que são líderes mundiais nesse aspecto e, portanto, destacam as mudanças necessárias para melhorar o processo.

2.11 CUSTOS E BENEFÍCIOS DO TPM

Para apreciar os benefícios, que podem resultar da implementação de uma política de manutenção inteligente, é importante avaliar os vários custos envolvidos. VISSER, J.K. (1998), sugeriu que, em média, 25 anos atrás, 70% do tempo de manutenção foi gasto em lidar com emergências (ou seja, combate a incêndios) e 15% na manutenção preventiva planejada. Se uma política de “combate a incêndios” for adotada, uma alta proporção dos custos será sempre inevitável.

Reparos de emergência significam que altos níveis de estoque de componentes de reposição, especialmente peças críticas, devem ser carregados o tempo todo. Também a manutenção reativa tem um impacto negativo no tempo de produção. O custo do tempo de inatividade, se determinado a partir de possíveis oportunidades de vendas / perda de produção, pode ser avaliado com precisão.

Nas indústrias brasileiras, parece que, com demasiada frequência, os custos de manutenção são conduzidos de maneira não abrangente e arrogante. Isso se deve às atitudes de gestão depreciativas em relação ao papel da manutenção em relação à operação do negócio.

Assim, na maioria das indústrias no Brasil não há registros detalhados dos custos de manutenção a manutenção nem sempre é considerada no nível executivo da empresa, a maioria das empresas ignora o custo real do tempo de inatividade em termos de perda de vendas, apesar de mais de 20% da receita anual de vendas ser gasta em manutenção, com uma boa gestão de manutenção, os custos podem ser drasticamente reduzidos nas

indústrias brasileiras: a disponibilidade da planta pode ser aumentada e, assim, levar a um aumento de até 30% na lucratividade.

Os custos de manutenção podem ser representados por uma curva, como na figura 2.1, uma mudança de atitude em relação à MP, desde a implementação de manutenção de rotina, como inspeções, lubrificação, etc., até diagnósticos de falhas e estudos preditivos levará a uma redução drástica no reparo. Custos, minimizando assim o tempo de inatividade da produção e as perdas de receitas de vendas, (Zaire. M, 1991).

Para obter o melhor impacto possível de um programa TPM, é importante que os gerentes de manutenção / produção calculem ou obtenham estimativas de todos os custos envolvidos - consulte a tabela 2.1. O impacto do TPM nos níveis de produtividade só pode ser totalmente apreciado quando os vários custos e seus impactos foram compreendidos e calculados.

O TPM tem um impacto direto na produtividade, (figura 2.2) decorrente da mão-de-obra, capacidade e disponibilidade, bem como na utilização e produtividade dos ativos de capital. Também tem um impacto direto no número de componentes de substituição mantidos na loja para fins de manutenção (para reparos de emergência) e as quantidades de matérias-primas em estoque.

O TPM ajudaria as empresas de manufatura a acertar na primeira vez e reduzir significativamente os níveis de estoque. Além disso, um programa de TPM, que é eficaz, pode levar à implementação de uma filosofia TQM de sucesso e, portanto, permitir que as empresas em questão atendam aos requisitos do cliente pela primeira vez e com maior frequência (Zaire. M, 1991).

Tabela 2.1: Considerações sobre custos de manutenção (Fonte: Zaire. M, (1991).

| Tipo de programa de manutenção | Área para avaliação de custos |
|---------------------------------------|--|
| Divisão de custos em manutenção | Custos de capacidade e penalidade ociosos |
| | Os estoques de amortecedores devem ser estabelecidos |
| | Produção perdida |
| | Má qualidade do produto final |
| Manutenção reativa | Mão de obra ociosa |
| | Nível de serviço desejado |
| | Número de avarias na máquina |
| | Nível de especialização / número de pessoal de manutenção utilizado. |
| PM agendado regularmente | Custo derivado do cronograma de MP |
| | Custos com mão-de-obra (relativos ao total de horas de mão-de-obra necessárias para a produção) |
| | Custo dos reparos (determinado pelo cronograma do PM) |
| Inspeção e PM agendada aleatoriamente | Com base no número total de horas de mão-de-obra necessárias para produção |
| | Custos baseados em dados históricos de uso de mão de obra |
| Backup de equipamentos | Estabelecendo um cronograma de depreciação (despesa fixa) |
| | Custos de manutenção (custo variável) |
| Atualização de equipamentos | Os custos podem ser tratados como uma despesa imediata ou amortizados, dependendo de suas magnitudes e da vida útil operacional do equipamento atualizado. |

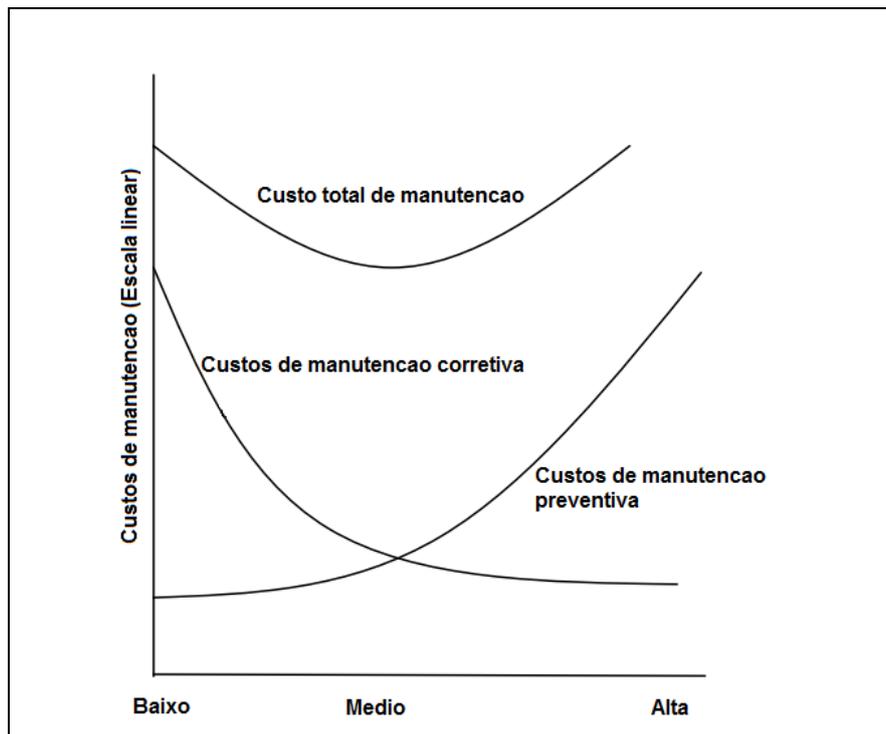


Figura 2.1 – Representação dos custos da manutenção. (Fonte: Zaire). M, (1991).

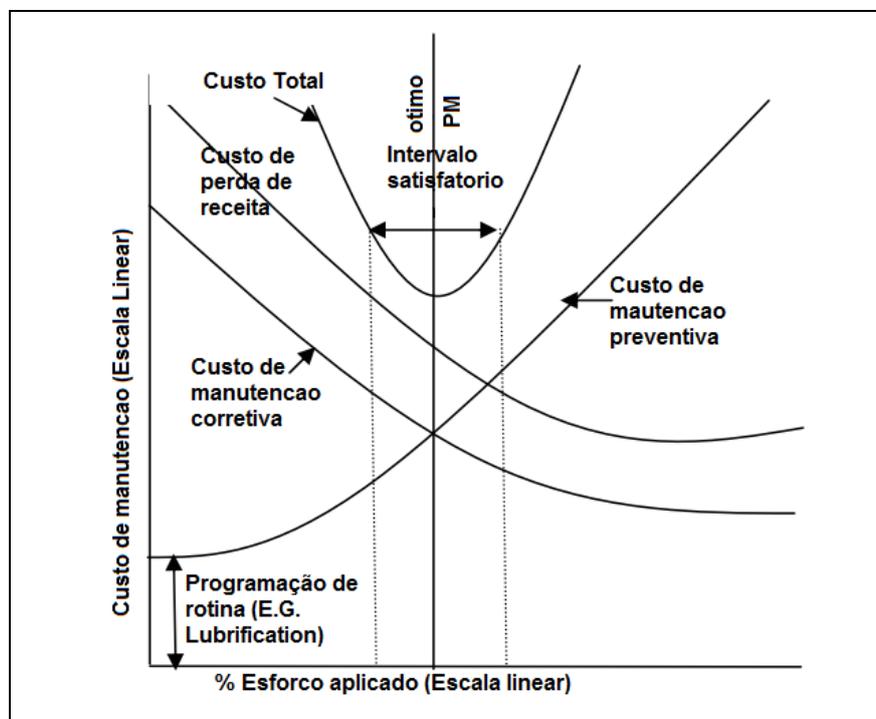


Figura 2.2 - O impacto da PM nas perdas de receita (Fonte: Zaire). M, (1991).

A manufatura enxuta e a manutenção ideal exigem a identificação e a eliminação de resíduos por meio da melhoria contínua. A manutenção excessiva de um ativo desperdiça recursos preciosos. As indústrias brasileiras têm sido conservadoras em estabelecer intervalos de PM. Tanto a frequência excessiva de manutenção quanto a manutenção aumentam o tempo de inatividade e, portanto, reduzem a produção, THOMAS, C. (2000).

Segundo Hugh. B. (2002), o pessoal de manutenção deve adotar uma abordagem proativa para reduzir a distância entre os custos reais de fabricação e o que poderia ser alcançado pela redução de desperdícios e ineficiências. Uma abordagem de manutenção focada no lucro tem suas raízes no TPM.

3 PRÁTICAS PARA MELHORIA DA CONFIABILIDADE

Uma das práticas que vem sendo adotada pelas empresas de classe mundial, como forma de garantir a sua competitividade e a consequente perpetuação no mercado, é a prática da metodologia da Manutenção Centrada em Confiabilidade - RCM.

Segundo TSANG, A. H. C. (2002), existem ferramentas que podem ajudar a gerir manutenção de forma eficiente e com confiabilidade técnica adequada. Algumas dessas ferramentas são o RCM, que consiste em processos estruturados para determinar as estratégias de manutenção de equipamentos necessárias para qualquer ativo físico, a fim de garantir que ele continue a cumprir suas funções pretendidas nas atuais condições de operação. O objetivo do RCM é determinar quais são os componentes críticos em qualquer processo e, com base nessas informações, projetar uma estratégia personalizada de manutenção preventiva / preditiva.

A confiabilidade centrou a manutenção (RCM) originada na indústria da linha aérea nos 1960s e foi executada logo em seguida nos militares. Desde aquela época, muitas organizações têm vindo a aplicar e melhorar a prática da análise de RCM. Essas organizações abrangem centenas de organizações do setor público e privado, incluindo agências espaciais, manufatura, utilitários e inúmeras outras indústrias, (Moubray, J. 2000. P-33).

Como com qualquer filosofia, há muitos caminhos, ou processos, que levam a um objetivo final. Isto é especialmente verdadeiro para RCM, onde as consequências da falha podem variar dramaticamente. A análise rigorosa de RCM tem sido amplamente utilizada pelas indústrias de aeronaves, espaço, defesa e nuclear, onde as falhas funcionais têm o potencial de resultar em grandes perdas de vida, implicações de segurança nacional e/ou impacto ambiental extremo.

Uma análise rigorosa de RCM é baseada em uma análise detalhada de modos e efeitos de falha (FMEA) e inclui probabilidades de falha e cálculos de confiabilidade do sistema. A análise é usada para determinar as tarefas de manutenção apropriadas para abordar cada um dos modos de falha identificados e suas consequências.

Embora esse processo seja apropriado para essas indústrias, não é necessariamente a abordagem mais prática para a manutenção de instalações e sistemas

de utilidades. Para estes sistemas, um processo de análise de RCM simplificado ou intuitivo pode ser mais adequado. Isto é devido ao custo elevado da análise da aproximação rigorosa, ao baixo impacto relativo da falha de a maioria de sistemas das facilidades, ao tipo de sistemas e aos componentes mantidos, e à quantidade de sistemas redundantes no lugar, (Moubrey, J. 2000. P-21).

A abordagem simplificada usa os mesmos princípios que o rigoroso processo supracitado, mas reconhece que nem todos os modos de falha serão analisados. Para a maioria das instalações e sistemas de utilidade a abordagem mais econômica e eficiente é usar uma combinação de análise formal e intuitiva, dependendo da criticidade do sistema e impacto de falha.

Os modos de falha que resultam em altos custos ou ferimentos de pessoal, ou onde a confiabilidade resultante ainda é inaceitável em termos de segurança ou impacto operacional ainda recebem a abordagem rigorosa, mas todos os outros modos de falha usam uma análise intuitiva.

3.1 OS PRINCÍPIOS DO RCM

1. RCM busca preservar a função do sistema ou do equipamento - não apenas operabilidade. A redundância de função, através de vários equipamentos, melhora a confiabilidade funcional, mas aumenta o custo do ciclo de vida em termos de suprimento e custos operacionais.

2. RCM é focada no sistema-é mais preocupada com a manutenção da função do sistema do que a função de componentes individuais.

3. RCM é centrada na confiabilidade – trata estatísticas de falhas de uma forma atuarial. A relação entre a idade de operação e as falhas vivenciadas é importante. RCM não está excessivamente preocupada com taxa de falha simples; Procura saber a probabilidade condicional de falha em idades específicas (a probabilidade de que a falha ocorrerá em cada faixa etária de operação dada).

4. RCM reconhece limitações de projeto – seu objetivo é manter a confiabilidade inerente do projeto do equipamento, reconhecendo que as mudanças na confiabilidade inerente são a província do projeto um pouco do que a manutenção. A manutenção

pode, na melhor das coisas, apenas alcançar e manter o nível de confiabilidade para o equipamento, que é previsto pelo projeto. No entanto, a RCM reconhece que o gabarito da manutenção pode melhorar continuamente. Além disso, a RCM reconhece que existe uma diferença entre a vida de design percebida e a vida de design intrínseca ou real, e aborda isso através do processo de exploração da idade, HOFSTEDE, J.S. (1984).

5. RCM é impulsionada pela segurança e pela economia – a segurança deve ser assegurada a qualquer custo; posteriormente, a rentabilidade torna-se o critério.

6. RCM define falha como qualquer condição insatisfatória – portanto, a falha pode ser uma perda de função ou uma perda de qualidade aceitável (operação contínua).

7. RCM usa uma árvore lógica para tarefas de manutenção de tela – isso fornece uma abordagem consistente para a manutenção de todos os tipos de equipamentos.

9. As tarefas do RCM devem ser aplicáveis – as tarefas devem abordar o modo de falha e considerar as características do modo de falha.

10. As tarefas do RCM devem ser efetivas – as tarefas devem reduzir a probabilidade de falha e ser rentáveis.

11. RCM reconhece três tipos de tarefas de manutenção, tempo-dirigido, (PM)-programado quando apropriado, condição-dirigido (realizada quando as condições indicam que eles são necessários) e caça às falhas (um dos vários aspectos da manutenção proativa).

12. RCM é um sistema vivo - recolhe dados dos resultados alcançados e alimenta estes dados de volta para melhorar o projeto e a manutenção futura. Este feedback é uma parte importante do processo.

As respostas a essas questões determinam as ações necessárias para manter os sistemas ou equipamentos funcionando dentro dos padrões de aceitabilidade. Com esse legado, os benefícios do RCM pintam uma imagem de uma ferramenta que nenhuma organização intensiva de ativos deve ignorar, VISSER, J.K. (1998).

3.2 FALHA

A falha pode ser definida de várias maneiras. Em uma falha de sentido largo é simplesmente uma condição insatisfatória. RCM, no entanto, exige-nos a olhar para o

fracasso de não apenas um ponto de vista do equipamento, mas um ponto de vista do sistema também. Essencialmente, a definição de falha depende da função de um item ou sistema e o contexto operacional no qual o item/sistema é usado. Falha funcional é essencialmente a incapacidade de um item/sistema para atender ao seu padrão de desempenho especificado. Uma perda completa da função é uma falha funcional.

3.3 CONSEQÜÊNCIAS DO FRACASSO

As conseqüências da falha determinam a prioridade das atividades de manutenção ou a melhoria de projeto exigida para impedir a ocorrência. Se a falha de um item resulta em pouca ou nenhuma conseqüência atividades de manutenção entradas são geralmente necessárias.

Um dos principais objetivos do RCM é identificar as técnicas de manutenção mais rentáveis e aplicáveis para minimizar o risco e o impacto da falha em instalações e equipamentos. Isto permite que os sistemas e a funcionalidade do equipamento sejam mantidos da maneira mais econômica.

Os objetivos específicos da RCM são assegurar a realização dos níveis inerentes da segurança e da confiabilidade do equipamento, restaurar o equipamento a estes níveis inerentes quando a deterioração ocorre, além de obter as informações necessárias para a melhoria do projeto dos itens cuja inerente confiabilidade revela-se inadequada e atingir esses objetivos com custo totais mínimos, incluindo custos de manutenção, custos de suporte e conseqüências econômicas das falhas operacionais.

Esse tipo de manutenção pressupõe que a falha é igualmente provável que ocorra em qualquer parte, e que uma falha não é prejudicial para a operação. Quando este é o único tipo de manutenção praticada altas taxas de falha, inventários de grandes partes, e quantidades excessivas de horas extraordinárias se tornam comuns, HOFSTEDE, J.S. (1984).

Um programa de manutenção comumente ignora muitas das oportunidades para influenciar a capacidade de sobrevivência do equipamento. Em contrapartida a Manutenção preventiva consiste em inspeções, ajustes, limpezas, lubrificação e substituição regulares de componentes e equipamentos.

Executar manutenção baseada em condições consiste em manutenção preditiva (PDM) e monitoramento em tempo real. O PDM utiliza principalmente técnicas de teste não intrusivas para medir e avaliar o desempenho do equipamento. O monitoramento em tempo real usa os dados atuais de desempenho para avaliar a condição das máquinas. A análise continuada dos dados de condição do equipamento permite planejar e programar atividades de manutenção ou reparos antes da falha funcional ou catastrófica, HOFSTEDE, J.S. (1984).

Quando a falha de um sistema ou de uma parte de equipamento é um risco inaceitável e nenhuma das tarefas acima podem ajudar a mitigar a falha na maioria dos casos, a adição de redundância elimina o risco e acrescenta muito pouco aos custos gerais de manutenção. Ou seja, repetir os procedimentos é o mais adequado.

Outra estratégia é a análise de falha de causa raiz (RCFA), que é baseada em falhas que ocorreram anteriormente. RCFA deve levar a ações corretivas além do estágio de componente na fase de deficiência ou raiz latente do sistema.

4 CUSTOS DA MANUTENÇÃO

A forma como a manutenção é realizada influenciará a disponibilidade da planta, bem como a segurança da operação. Estes, por sua vez, determinarão a lucratividade da empresa. A manutenção continua a ser um dos poucos setores de atividades através dos quais podem ser alcançados aumentos significativos nos lucros das empresas.

Os problemas comuns incluem (i) seu alto custo; (ii) subutilização de instalações e equipamentos; (iii) ser pouco valorizado internamente e, portanto, não uma oportunidade explorada de vantagem competitiva; e (iv) muitas vezes é realizado por agentes insuficientemente qualificados.

A manutenção no Brasil pode representar até 40% dos custos totais de produção. O efeito da má manutenção pode resultar em menos produção, produtos finais de menor qualidade e insatisfação do cliente. Parte da solução para os problemas preocupantes da manutenção não é técnica: é necessária uma abordagem de manutenção mais baseada nos negócios, resultante de um compromisso de alta administração. Em uma empresa mal administrada, o gerente de manutenção pode controlar até 40% dos custos de produção, o que afeta diretamente a lucratividade.

Um orçamento de custo e fluxo de caixa precisa ser elaborado com formatos normais de previsão, que, em conjunto com outros documentos pertinentes, formarão um plano de negócios de manutenção. Desta forma, a preocupação de manutenção será incorporada no processo de decisão de gestão.

4.1 CUSTOS POR TEMPO DE INATIVIDADE

Para aumentar o tempo de funcionamento de um equipamento, pelo menos o custo, é o objetivo. Uma abordagem proativa com foco no lucro é necessária para diminuir a distância entre os custos reais e os custos ideais. O tempo de inatividade prejudica seriamente a capacidade produtiva das indústrias brasileiras, reduzindo assim a taxa média de produção, aumentando os custos operacionais e interferindo no atendimento ao cliente.

O tempo de inatividade pode aumentar tão facilmente como resultado da implementação ineficaz de procedimentos de gerenciamento de qualidade total (TQM)

just-in-time (JIT) e lean. Portanto, as aplicações de manutenção produtiva total (TPM) e manutenção centrada na confiabilidade (RCM) como processos de melhoria em toda a empresa são altamente desejáveis.

O TPM exige que os operadores e mantenedores trabalhem juntos como uma equipe, a fim de reduzir o desperdício, minimizar o tempo de inatividade, melhorar a qualidade do produto e melhorar a eficácia do equipamento. O RCM envolve determinar o que deve ser feito para garantir que qualquer componente físico continue a funcionar da maneira que o usuário deseja que ele faça. Dois objetivos devem ser cumpridos: Determinar os requisitos de manutenção e, em seguida, assegurar que eles sejam atendidos da forma mais barata possível.

A RCM conta com o uso de habilidades pertinentes, relativas à operação e manutenção de um equipamento, através de uma pequena equipe multidisciplinar. Várias técnicas de análise de causa raiz (RCA) levaram o uso de tais equipes para resolver e eliminar falhas pontuais, catastróficas e crônicas.

O segredo do sucesso é garantir que todo o pessoal envolvido esteja devidamente treinado nessas técnicas e, então, estabelecer as disciplinas e procedimentos organizacionais que assegurem que sejam usados sempre que surgir uma situação apropriada, GARVIN D. A. (1991).

É vital que a propriedade do problema seja aceita por todos os envolvidos. LEZLO, G. P. (1999), apontou que gerenciar pessoas consiste em mais do que controlar suas atividades: o gerenciamento eficaz requer liderança apropriada com visão e missão claras, e deve disponibilizar os fundos necessários para a implementação do programa mutuamente acordado. As evoluções de TQM, lean management e JIT, trouxeram o TPM.

Infelizmente, esses conceitos ainda não foram amplamente adotados no Brasil. Para alcançar o sucesso, o princípio básico de um programa de manutenção da qualidade deve permear toda a organização. Uma abordagem factual numerada para a tomada de decisões, respeito pelo outro pessoal, incentivo à inovação e ênfase na melhoria contínua em vez de focar a culpa quando os erros surgem são o que é necessário, ou seja, estes são sinais de uma organização de aprendizagem.

Os líderes de negócios percebem cada vez mais a importância estratégica da função de manutenção para as organizações, que têm investimentos significativos em ativos físicos e, portanto, uma despesa necessária no orçamento operacional.

Em outras palavras, a confiabilidade se tornou uma questão crítica em operações intensivas em capital. Infelizmente, em muitas indústrias brasileiras, a manutenção efetiva geralmente não é uma alta prioridade e o consequente custo das falhas, como porcentagem do custo total, continua crescendo, SENGE, P.M. (1990).

As empresas hoje precisam de inovação para quebrar os moldes inerentes de percepção e padrões redundantes de comportamento, (SENGE, P.M. 1990). As organizações devem mudar de uma cultura voltada para o reparo para uma cultura focada na confiabilidade.

Assim, as metas estabelecidas devem fornecer “algo para nós” para todos dentro da organização, assim, comprometendo-nos. Assim, o líder deve formular essas metas com referência às necessidades daqueles que trabalham dentro da organização e usar o objetivo de moldar o futuro dessa organização.

As recompensas individuais devem estar alinhadas com a realização dos objetivos estratégicos da empresa. Essas recompensas podem ser financeiras e não financeiras: as iniciativas de mudança mais bem-sucedidas incorporam uma mistura das duas. O líder deve criar oportunidades de trabalho em equipe e aprendizado organizacional.

Se a liderança sábia emana do topo da organização, então a velocidade da mudança cultural será muito maior e muito mais ampla. Uma declaração de visão deve descrever o que a organização aspira, enquanto a declaração de missão resultante deve explicar como a visão deve ser alcançada.

A declaração de visão para manutenção deve ser regida pelas melhores práticas atuais (CBP) como referência. A MP é geralmente baseada em uma premissa antiquada, ou seja, manutenção de tempo fixo (FTM) ou mesmo substituição de componentes.

Essa abordagem raramente é justificável, porque menos de 20% de todos os componentes falham dentro dos períodos normalmente prescritos e, portanto, os custos relativamente altos incorridos como resultado da implementação da PM.

Assim, se adotadas, as atividades de gerenciamento de projeto devem ser baseadas principalmente em condições de componentes individuais e implementadas por meio de um procedimento de manutenção corretiva agendado de maneira mais inteligente.

Por uma comparação entre as indústrias brasileira e dos EUA, conclui-se que mais de um terço de todos os gastos com manutenção dos últimos são desperdiçados por meio da utilização ineficaz de recursos de manutenção.

O gerenciamento de ativos se concentra em atingir o menor custo total do ciclo de vida para produzir o produto necessário ou fornecer um serviço procurado. Um critério importante para o investimento em uma empresa é o retorno financeiro sobre seus ativos fixos (ROFA).

O objetivo é alcançar um ROFA mais alto do que os concorrentes, a fim de ser o produtor de menor custo de um produto ou serviço. O gerenciamento de manutenção impacta no ROFA porque os custos de manutenção são um contribuinte significativo para os custos de fabricação. Se o custo de manutenção como porcentagem do custo de fabricação flutuar, então a eficácia da manutenção deve ser examinada para encontrar a causa da variação. O tempo de inatividade aumenta os gastos financeiros do setor devido a custos de áreas como:

- Pessoal ocioso de produção / operações;
- Entregas atrasadas;
- Horas extras para compensar a perda de produção, a fim de atender às entregas prometidas no prazo;
- Perda de vendas como resultado de produtos não serem feitos a tempo.

No entanto, estudos japoneses relacionados ao TPM concluíram que as perdas de “ineficiência” tendem a exceder as perdas de tempo de inatividade. Nas indústrias brasileiras, a maioria das perdas de ineficiência nunca são medidas e reportadas. Além disso, muitos problemas crônicos, que têm um impacto dramático na eficácia do equipamento, nunca são compreendidos.

Somente se registros de manutenção precisos forem mantidos, esses problemas serão percebidos. Em seguida, utilizando os dados de manutenção, combinados com dados financeiros pertinentes, pode-se obter uma estimativa válida dos custos resultantes.

Como a manutenção é considerada como uma despesa, qualquer economia de manutenção contribuirá diretamente para o lucro obtido. À medida que a eficácia da manutenção melhora e o tempo de inatividade é reduzido, há menos necessidade de investimento em instalações em espera (mas de outra forma) redundantes. Isso contribuirá para um aumento geral no ROFA para qualquer organização, GARVIN D. A. (1991).

Na indústria química, os processos de manutenção de melhor desempenho do mundo custam anualmente de 1,8 a 2,0% do atual valor de reposição da planta. Em operações mal gerenciadas, os custos de manutenção por ano excedem 5% do valor de substituição de ativos, ou seja, um desperdício de US \$ 30.000 anuais é típico para cada M \$ 1 de valor de ativo.

O efeito de aumentar o custo de manutenção, considerando \$ 30.000 por ano, ao longo de vinte anos a uma taxa anual média de 12 por cento para cálculo, então o custo de oportunidade perdido seria \$ 2.162.000 devido a (i) projeto mal projetado ou construídos e (ii) práticas ineficazes de operação e manutenção.

No exemplo citado, para cada 1% do valor do ativo de substituição gasto anualmente em manutenção durante um período de 20 anos, US \$ 75.000 de cada US \$ 1 milhão do capital original investido não levarão a nenhum retorno financeiro. O custo de oportunidade perdida será então avaliado - ver Figura 3.1.

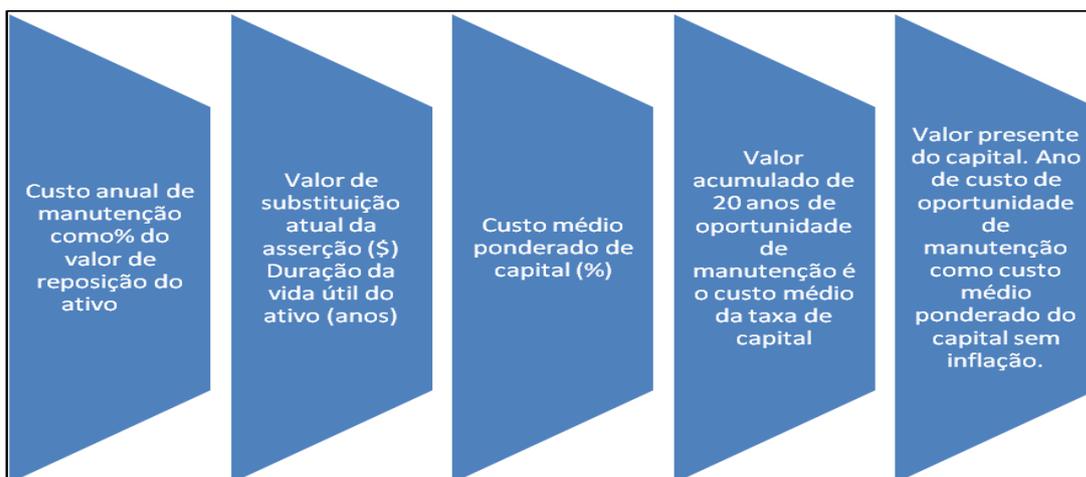


Figura 3.1: Recursos que devem ser levados em conta ao avaliar a oportunidade perdida (Fonte: Zaire). M, (1991).

Nos últimos anos, algumas indústrias brasileiras vêm demonstrando cada vez mais preocupações com (i) custos mais altos de manutenção e (ii) produtividade de manutenção. A manutenção é frequentemente a maior despesa de gestão única nas fábricas brasileiras: em muitas indústrias, excede o lucro líquido anual.

Embora estratégias como PM e PDM tenham produzido economias de até 25%, alguns estudos sugerem que mais de um terço dos custos de manutenção podem ser economizados sem diminuir o tempo de atividade. Portanto, é importante que as organizações maximizem sua eficácia na manutenção e, assim, o tempo de atividade de seus equipamentos.

No Brasil, a maioria dos departamentos de manutenção mostrou produtividades de cerca de 25% a 35% da produtividade ideal. No entanto, um planejamento mais inteligente e o agendamento de atividades de manutenção poderiam melhorar significativamente isso. Os objetivos devem ser:

- Aumentar a eficácia / eficiência da planta / equipamento.
- Aumente o lucro alcançado
- Reduza os custos de manutenção e operação.
- Melhore a disponibilidade e confiabilidade
- Aumentar o retorno financeiro sobre o investimento em ativos.

- Introduzir uma cultura corporativa inspiradora entre o pessoal de manutenção
- Implementar um paradigma de melhoria contínua

O objetivo geral é maximizar o valor alcançado pelos investimentos em manutenção, ou seja, otimização de lucro com excelência em manutenção.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A confiabilidade é um atributo especial que descreve a confiabilidade de um componente. Isso significa que o componente consistentemente executa uma função desejada por um determinado período de tempo, a fim de atender às metas de negócios e às necessidades do cliente.

Em manutenção, quanto menor a probabilidade de falha, maior a confiabilidade do sistema. No entanto, há muitos fatores que podem contribuir para a incerteza envolvida com qualquer novo projeto e capital, incluindo variações de materiais, fábricas, transporte, armazenamento e uso.

Outra maneira de pensar sobre a confiabilidade é a qualidade do componente ao longo do tempo. Um termo comum usado em um contexto de engenharia de confiabilidade é o tempo médio entre falhas (MTBF).

MTBF é uma métrica que descreve o tempo médio que leva para um componente específico para a falha, essa ferramenta não mede o tempo em que um componente está aguardando reparo; em vez disso, ele mede o tempo somente quando o componente está operando. Este é um parâmetro importante a considerar no processo decisório ao investir em novos equipamentos. Quanto maior o MTBF maior a confiabilidade do produto, GARVIN D. A. (1991).

A confiabilidade do equipamento é medida em termos de qualidade, desempenho e produtividade. O objetivo de um programa de confiabilidade de equipamentos é monitorar efetivamente equipamentos, procedimentos e dados que abrangem a vida útil dos equipamentos. As vantagens de um programa de confiabilidade incluem a eliminação de desligamentos inesperados, reduzindo as perdas de produção que ocorrem entre a inicialização e a operação e estendendo a vida útil do ativo. Além disso, a empresa normalmente experimenta uma redução nos custos de reparação e manutenção, redução de atraso e aumento da segurança, OAKLAND, J.S. (1998).

Além das práticas de engenharia descritas acima, existem três outros componentes essenciais para a confiabilidade do equipamento: manutenção, inspeção e tecnologia.

A manutenção pode ser dividida em três categorias, manutenção preventiva, preditiva e corretiva. São tomadas medidas preventivas para eliminar tarefas desnecessárias de inspeção e reparação. A manutenção preditiva geralmente envolve técnicas de inspeção não destrutivas para monitorar a utilidade do equipamento, STAMBAUGH, D.M. (1995).

A manutenção corretiva envolve reparar ou substituir componentes para restaurar o equipamento de volta às suas condições de operação. Coletivamente, essas tarefas devem ser gerenciadas em um programa de manutenção centralizado em confiabilidade bem desenvolvida.

As técnicas de testes não destrutivos (NDT) são usadas extensivamente durante todo o ciclo de vida dos equipamentos para localizar e monitorar os mecanismos de dano. Além disso, a inspeção desempenha um papel importante em qualquer programa de confiabilidade do equipamento.

Alguns métodos comuns de NDT usados nas indústrias petrolíferas e químicas incluem testes radiográficos, testes ultrassônicos, testes eletromagnéticos e muito mais. Ao selecionar um método NDT, várias considerações devem ser levadas em conta, incluindo o tipo de dano, onde o dano está localizado (externo ou interno) e o tamanho, a forma e a orientação do dano.

Além disso, existem dois outros tipos de inspeção que fornecem informações sobre a confiabilidade e vida útil restante do equipamento. Estes incluem a inspeção baseada no risco (RBI) e as avaliações do aptidão-para-serviço (FFS). Simplificando, o objetivo do RBI é identificar e compreender o risco, a fim de reduzir a incerteza sobre a condição do equipamento. As avaliações de FFS são executadas para determinar se um componente é apropriado para o serviço continuado, MARTELO, M. (1990).

Novos avanços em tecnologia, como sensores, serão capazes de melhorar consideravelmente a confiabilidade geral do sistema. Os sensores podem fornecer dados sobre o desempenho e a condição no equipamento em tempo real para tomar melhores decisões para manutenção preventiva, preditiva e corretiva.

REFERÊNCIAS

- DAFT, Richard L. (1992), **Teoria da organização e design**, West Publishing Company, Saint Paul, MN, EUA.
- DUNN, S. (1998), **Reinventando o Processo da Manutenção: Para O Tempo ocioso da Máquina Zero**, procedimentos da conferência da manutenção de Queensland, Queensland, Austrália
- GARVIN D. A. (1991), **Gerenciando a qualidade**, a imprensa livre, Nova York, EUA.
- HOFSTEDE, J.S. (1984), **Consequências da cultura: Diferenças internacionais em valores trabalho**, publicações de Sage, Newbury, CA, EUA.
- LEZLO, G. P. (1999), **Melhorar um programa de gestão da qualidade-os três C's do sucesso: comprometimento, cultura e custo**. A revista TQM, Vol. 11 n ° 4, pp.231-7
- MARTELO, M. (1990), **Re-Engenharia de trabalho: Não automatizar, obliterar**, Havard Business Review, Vol. 68. no. 4. pp104-12.
- OAKLAND, J.S. (1998), **Gestão da qualidade total: A rota para melhorar desempenho**, Butterworth-Heinemann, Oxford.
- SENGE, P.M. (1990), **A quinta disciplina: A arte e a prática da aprendizagem organização**, Doubleday, Nova York, EUA.
- SONDALINI, M. (2000), **o Custo da Manutenção Destrói Seus Retornos do Capital- Investimento**, www.feedforward.com.au
- STAMBAUGH, D.M. (1995), **Criando a organização de aprendizagem: Um para alcançar a lealdade do cliente**. CPCU Journal, March, pp. 35-49.
- THOMAS, C. (2000), **Manutenção – Uma abordagem de negócios**, <http://espania/cta/>
- TSANG, A. H. C. (2002), **Dimensão estratégica da gestão da manutenção**, **Jornal da qualidade em engenharia de manutenção**, Vol. 8. N ° 1. PP 7-30.
- VISSER, J.K. (1998), **Modelagem de desempenho de manutenção: Uma abordagem prática**, Conferência de IMA, Edimburgo, pp. 1-13.
- ZAIRI, M. (1991), **Gestão da qualidade total para engenheiros**. Woodhead, 1991.