

MARINHA DO BRASIL
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS DE MÁQUINAS
2015/2

**MELHORIA DA PERFORMANCE DA UNIDADE MARÍTIMA COM USO DAS FERRAMENTAS DE
MANUTENÇÃO**

GUSTAVO SERRONI DE SOUZA

RIO DE JANEIRO
2015

GUSTAVO SERRONI DE SOUZA

**MELHORIA DA PERFORMANCE DA UNIDADE MARÍTIMA COM USO DAS FERRAMENTAS DE
MANUTENÇÃO**

Monografia apresentada ao Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Máquinas do Centro de instrução Almirante Graça Aranha como parte dos requisitos para obtenção da certificação STCW III/2 de acordo com a Convenção STCW 78 emendada.

Orientador: MSc. Luiz Otavio Ribeiro Carneiro

Rio de Janeiro

2015

GUSTAVO SERRONI DE SOUZA

**MELHORIA DA PERFORMANCE DA UNIDADE MARÍTIMA COM USO DAS FERRAMENTAS DE
MANUTENÇÃO**

Monografia apresentada ao Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Máquinas do Centro de instrução Almirante Graça Aranha como parte dos requisitos para obtenção da certificação STCW III/2 de acordo com a Convenção STCW 78 emendada.

Data da Aprovação: ____/____/____

Orientadora: MSc. Luiz Otavio Ribeiro Carneiro

Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: _____

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

RESUMO.....	6
ABSTRACT.....	7
1. INTRODUÇÃO.....	8
2. MANUTENÇÃO INDUSTRIAL E SEUS CONCEITOS.....	10
2.1. Falhas.....	12
2.2. Serviços de rotina e periódicos.....	13
2.3. Tipos de manutenção.....	14
2.4. Tipos de ferramentas de manutenção.....	14
2.4.1. Manutenção Produtiva total.....	15
2.4.2. Manutenção Centrada na Confiabilidade.....	15
3. MANUTENÇÃO, BUSCA PELA QUALIDADE E SEUS CUSTOS.....	17
3.1. Manutenção e Qualidade.....	17
3.2. Manutenção e Produtividade.....	18
3.3. Manutenção e Disponibilidade.....	19
3.4. Custos da falta de Manutenção.....	19
4. CUSTOS ENVOLVIDOS NA MANUTENÇÃO.....	22
4.1. Custos de manutenção e reparo.....	22
4.2. Custos diretos, indiretos e perdas.....	23
5. APLICACAO E IMPLEMENTACAO DO TPM.....	24
CONCLUSÃO.....	28
REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO.....	29

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: A função da manutenção no processo de manufatura.....	11
Figura 2.2: Interfaces da manutenção.....	11
Figura 3.1: Gráfico custos <i>versus</i> nível de manutenção.....	20
Figura 3.2: Gráfico lucro <i>versus</i> disponibilidade.....	21
Figura 4.1: Curva de custos de manutenção e reparo.....	22
Figura 5.1: Os 8 pilares da TPM.....	26
Figura 5.2: Etapas de implantação do TPM.....	27

RESUMO

O cenário competitivo entre as indústrias desenvolveu vários conceitos e metodologias globais com o objetivo de serem os elementos norteadores da constante melhoria contínua. O presente trabalho de conclusão de curso tem como diretrizes apresentar e demonstrar a importância da Manutenção e em especial da TPM, que nasceu como um método de gerenciamento do sistema de manutenção, para hoje, poder ser utilizada como uma metodologia para gestão de todo um sistema de produção. Serão discutidos assuntos e teorias relacionadas ao assunto, para mostrar que as ferramentas de manutenção aplicadas a indústria marítima tem uma função vital dentro dos custos das operações e elevação dos lucros. Como resultado do estudo, o TPM será mostrado como uma ótima ferramenta de manutenção para ser aplicada dentro de uma unidade marítima.

ABSTRACT

The competitive landscape across industries developed several concepts and methodologies with the overall goal of being the guiding elements of constant improvement. The completion of this work of course is to produce guidelines and demonstrate the importance of maintenance and in particular the TPM, which was born as a method of management of the maintenance system, for today, could be used as a method for managing an entire system production. Will be discussed theories related to the subject, to show that the maintenance tools applied to the maritime industry has a vital function within the costs of the operations and increase Profits. As a result of the Study, the TPM will be shown as a great maintenance tool to be applied at the one Maritime unit .

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos 10 anos, desenvolvimento de sistemas de plataformas mais mecanizadas tem influenciado a implementação de novas tecnologias e a adaptação de equipamentos avançados. Por exemplo, muitas plataformas de águas ultra profundas estão atualmente maximizando a eficiência operacional através do uso de equipamentos controlados remotamente para perfuração. O rápido desenvolvimento de novas tecnologias estão forçando as empresas prestadoras de serviço de perfuração a treinar seus atuais empregados, contratar novos empregados altamente qualificados e atualizar os sistemas organizacionais e gerenciais.

Típicos planos de manutenção são os de operar até a falha, tempo fixo, baseado em condição, manutenção preditiva, manutenção preventiva, manutenção corretiva. Operar até a falha é um tipo de manutenção que foi usada por um longo tempo e seu custo é alto por causa de *downtime* imprevistos e máquinas danificadas. Tempo fixado ou manutenção planejada é a forma de manutenção mais usada e mais efetiva se for gerenciada assim que liga o equipamento para mostrar sinais de desgaste no fim de sua vida útil (MR Group UK, 2011).

O problema com os atuais sistemas de manutenção nas empresas do mercado é que eles não são projetados para manusear o alto volume de complexo equipamentos. As primeiras razões para falha na performance dos equipamentos são a falta de apropriadas manutenções, não efetiva ou inexistência de procedimentos de controle de qualidade e a falta de técnicos de manutenção com a devida habilidade. Por causa do efeito na credibilidade do equipamento devida a insuficiente manutenção, empresas devem seriamente considerarem o custo de apropriada manutenção no equipamento pelo risco associado com a falha do equipamento.

Por instância, quando se considera que a média de aluguel diário de uma sonda com posicionamento dinâmico para águas ultra profundas no Brasil é entre \$300.000,00 e \$450.000,00, se torna obvio que as empresas de perfuração devem desenvolver modos de prevenir ou, pelo menos minimizar, falhas de equipamentos que resultam em *downtime*. Visto tamanho das diárias das sondas, paradas dos equipamentos essenciais para manter a performance da unidade pode gerar grandes prejuízos para empresa.

Uma solução para a falha de equipamento e baixa performance (e o *downtime* resultante), é a implementação de uma ferramenta de manutenção adequada que foque na disponibilidade dos equipamentos e monitoração de condição.

2. MANUTENÇÃO INDUSTRIAL E SEUS CONCEITOS

Podemos entender manutenção como o conjunto de cuidados técnicos indispensáveis ao funcionamento regular e permanente de máquinas, equipamentos, ferramentas e instalações. Esses cuidados envolvem a conservação, a adequação, a restauração, a substituição e a prevenção.

De uma forma geral, a manutenção em uma empresa tem como objetivos: manter equipamentos e máquinas em condições de pleno funcionamento para garantir a produção normal e a qualidade dos produtos e serviços; e prevenir prováveis falhas ou quebras dos elementos das máquinas gerando prejuízos com reparo da falha e paralização da produção.

Tradicionalmente, a manutenção é planejada utilizando-se a experiência dos funcionários envolvidos e a orientação contida nos manuais dos fabricantes dos equipamentos. Sabe-se que grande parte dos funcionários acredita na premissa de que as falhas ocorrem devido ao desgaste no tempo e que revisões ou substituições periódicas reconstituem a condição inicial do equipamento (WILMETH; USREY, 2000). Contudo, estudos feitos na aviação determinaram que apenas 11% dos componentes falham devido a desgaste e fadiga (WILMETH; USREY, 2000). Paralelamente, no que concerne às orientações contidas nos manuais dos fabricantes, corre-se o risco dessas recomendações não serem baseadas em dados reais, pois alguns fabricantes de equipamentos, a fim de maximizar vendas de componentes ou minimizar sua responsabilidade, orientam intervalos curtos de revisão e substituição

Alcançar esses objetivos requer manutenção diária em serviços de rotina e reparos periódicos programados de acordo

A manutenção ideal de uma máquina é a que permite alta disponibilidade para a produção durante todo o tempo em que ela estiver em serviço e a um custo adequado.

A função da manutenção, segundo SLACK *et. al.* (2002), nas empresas está inserida no processo de melhoria da produção através da Prevenção e Recuperação de Falhas de Produção. De acordo com a Figura 2.1:

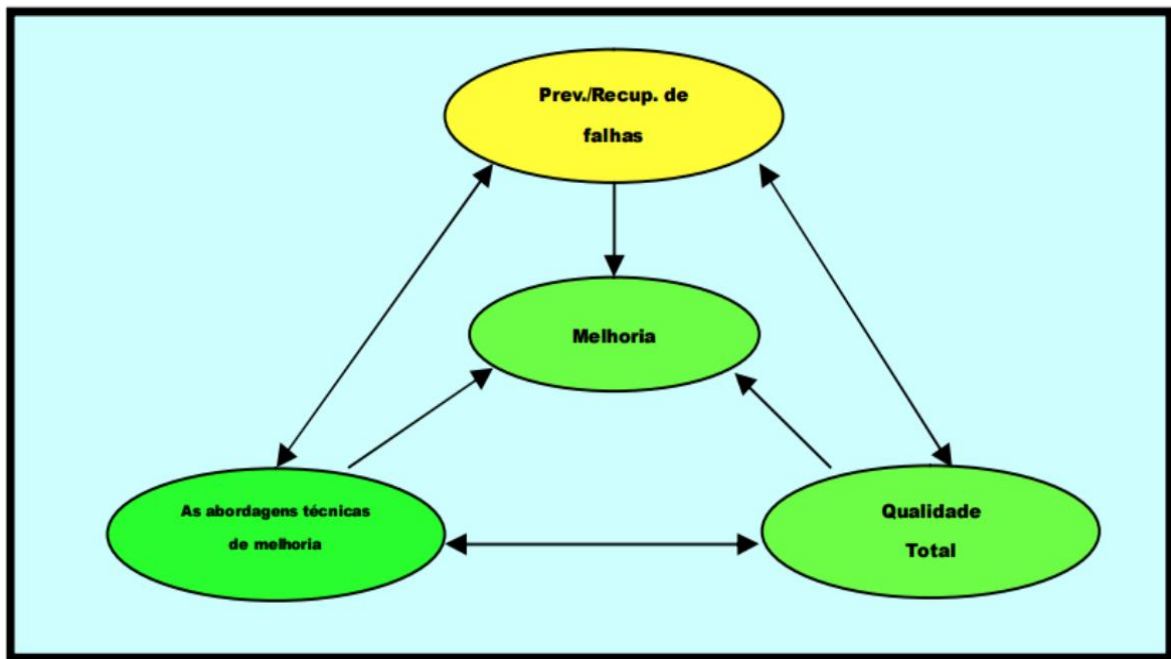


Fig. 2.1. A função da manutenção no processo de manufatura

Fonte: SLACK et al. (2002)

Dessa maneira, diante da função supracitada da manutenção, a mesma manutenção possui interface com diversas áreas funcionais, como mostra a Figura 2.2.



Fig. 2.2 Interfaces da manutenção.

Fonte: MONCHY (1989, p. 5).

2.1. Serviços de rotina e periódicos

Os serviços de rotina constam de inspeção e verificação das condições técnicas das unidades das máquinas. A detecção e a identificação de pequenos defeitos dos elementos das máquinas, a verificação dos sistemas de lubrificação e a constatação de falhas de ajustes são exemplos dos serviços da manutenção de rotina. □

A responsabilidade pelos serviços de rotina não é somente do pessoal da manutenção, mas também de todos os operadores de máquinas. Salientemos que há, também, manutenção de emergência ou corretiva que será estudada logo adiante.

Os serviços periódicos de manutenção consistem de vários procedimentos que visam manter a máquina e equipamentos em perfeito estado de funcionamento. Esses procedimentos envolvem várias operações:

- verificação de folga
- monitorar as partes da máquina sujeitas a maiores desgastes; □
- ajustar ou trocar componentes em períodos predeterminados; □
- exame dos componentes antes do término de suas garantias; □
- replanejar, se necessário, o programa de prevenção; □
- testar os componentes elétricos etc. □

Os serviços periódicos de manutenção podem ser feitos durante paradas longas das máquinas por motivos de quebra de peças (o que deve ser evitado) ou outras falhas, ou durante o planejamento de novo serviço ou, ainda, no horário de mudança de turnos. □As paradas programadas visam à desmontagem completa da máquina para exame de suas partes e conjuntos. As partes danificadas, após exame, são recondiçionadas ou substituídas. A seguir, a máquina é novamente montada e testada para assegurar a qualidade exigida em seu desempenho. □Reparos não programados também ocorrem e estão inseridos na categoria conhecida pelo nome de manutenção corretiva. Por exemplo, se uma furadeira de bancada estiver em funcionamento e a correia partir, ela deverá ser substituída de imediato para que a máquina não fique parada.

O acompanhamento e o registro do estado da máquina, bem como dos reparos feitos, são fatores importantes em qualquer programa de manutenção. □

2.2. Falhas

Para SLACK et al. (2002), falhas ocorrem por razões muito diferentes, que podem ser agrupadas como: falhas de fornecedores, falhas causadas por ações dos clientes e falhas no processo de manufatura do produto. No documento ISO/CD10303-226 da ISO, uma falha (em inglês, fault) é definida como um defeito ou uma condição anormal em um componente, equipamento, sub-sistema ou sistema, que pode impedir o seu funcionamento como planejado, uma situação chamada de fracasso (em inglês, failure).

De acordo com o Federal Standard 1037C dos Estados Unidos, o termo falha tem os seguintes significados:

1) Uma condição accidental que faz com que uma unidade funcional não consiga executar sua função.

2) Um defeito que causa um mau funcionamento reproduzível ou catastrófico. Um mau funcionamento é considerado reproduzível se ocorre consistentemente sob as mesmas circunstâncias.

3) Em sistemas elétricos um curto-circuito (total ou parcial) não intencional entre condutores não energizados, ou entre um condutor e o terra. Nesses sistemas, uma distinção pode ser feita entre falhas simétricas e assimétricas.

As interrupções da função do equipamento também podem ser definidas como mau funcionamento ou avarias e classificadas a seguir (MORAES, 1993, p.10):

a) Avarias abruptas:

- fatais: mais de três horas de duração;
- de longa duração: mais de uma hora;
- gerais: de cinco a dez minutos;
- menores: menos de cinco minutos.

b) Avarias por deterioração: inicialmente não levam à parada, mas ao longo do tempo comprometem a função do equipamento:

- por deterioração funcional;
- por deterioração da qualidade.

2.3. Tipos de manutenção

Há dois tipos de manutenção: a planejada e a não planejada (Apostila Senai, 2008). □A manutenção planejada classifica-se em quatro categorias: preventiva, preditiva, TPM e Terotecnologia. □A manutenção preventiva consiste no conjunto de procedimentos e ações antecipadas que visam manter a máquina em funcionamento. □A manutenção preditiva é um tipo de ação preventiva baseada no conhecimento das condições de cada um dos componentes das máquinas e equipamentos. Esses dados são obtidos por meio de um acompanhamento do desgaste de peças vitais de conjuntos de máquinas e de equipamentos. Testes periódicos são efetuados para determinar a época adequada para substituições ou reparos de peças. Exemplos: análise de vibrações, monitoramento de mancais . □A TPM (manutenção produtiva total) foi desenvolvida no Japão. É um modelo calcado no conceito “de minha máquina, cuido eu”. □

A Terotecnologia é uma técnica inglesa que determina a participação de um especialista em manutenção desde a concepção do equipamento até sua instalação e primeiras horas de produção. Com a Terotecnologia, obtêm-se equipamentos que facilitam a intervenção dos mantenedores.

A manutenção não planejada classifica-se em duas categorias: a corretiva e a de ocasião.

A manutenção corretiva tem o objetivo de localizar e reparar defeitos em equipamentos que operam em regime de trabalho contínuo.

A manutenção de ocasião consiste em fazer consertos quando a máquina se encontra parada.

2.4. Tipos de ferramentas de manutenção

Para Bevilacqua et al. (2000), a definição da melhor solução de manutenção deve ser analisada individualmente de equipamento para equipamento, levando em consideração sua taxa de falha, o custo da manutenção e o impacto da falha no sistema produtivo. Em outras palavras, é necessário decidir para cada equipamento se é mais vantajoso prevenir ou esperar a falha.

Visando aumentar sua competitividade através de melhorias na gestão da manutenção de seus equipamentos, as organizações têm buscado programas de manutenção como, por exemplo, a Manutenção Produtiva Total (MPT) ou a Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC). Devido a sua abordagem racional e sistemática, estes programas permitem que as empresas alcancem excelência nas atividades de manutenção através da ampliação da disponibilidade e redução dos custos associados a acidentes, defeitos, reparos e substituições.

2.4.1. Manutenção Produtiva total

O TPM (*Total Productive Maintenance*), usado no Brasil como MPT (Manutenção Produtiva Total), é uma metodologia de excelência em manutenção. Embora foi concebido em empresas de manufatura, teve sua introdução no Brasil em 1986, mas somente 1990 é que tivemos a implantação efetiva em empresas brasileiras e nesta década duas empresas foram candidatas ao prêmio TPM no Brasil (Nakajima, 1989).

Na integra o TPM é uma nova forma de administração, já que deve haver o envolvimento de todos no processo de produção e manutenção, independente do nível hierárquico, pois segundo TAVARES *“o conceito básico do TPM é a reformulação e a melhoria da estrutura empresarial a partir da reestruturação e melhoria das pessoas e dos equipamentos, com envolvimento de todos os níveis hierárquicos e a mudança da postura organizacional.”*; e segundo Banker *“o TPM cria um auto-gerenciamento no local de trabalho, uma vez que os operadores “assumem” a propriedade de seu equipamento e cuidam dele eles próprios”*, já que segundo estatísticas 60% dos danos em equipamentos é causado pela operação.

2.4.2. Manutenção Centrada na Confiabilidade

A MCC teve sua origem na década de 60, na indústria aeronáutica americana (Souza, 2003). Os resultados favoráveis da metodologia motivaram sua adoção crescente pelo setor elétrico mundial, expandindo-se para outros setores produtivos, entre eles: as usinas nucleares, a construção civil, a indústria química, de refino e extração de petróleo, indústrias de gás, instalações de bombeamento, siderúrgica,

celulose, papel, alimentação, mineração, transporte e até hospitais.

O principal objetivo da MCC é criar rotinas estratégicas de manutenção que assegurem que os equipamentos da planta industrial continuarão desempenhando suas funções predeterminadas da forma mais econômica possível (WILMETH; URSEY, 2000)

A MCC é a aplicação de um método estruturado para estabelecer a melhor estratégia de manutenção para um dado sistema ou equipamento. Esta começa identificando a funcionalidade ou desempenho requerido pelo equipamento no seu contexto operacional, identifica os modos de falha e as causas prováveis e então detalha os efeitos e conseqüências da falha. Isto permite avaliar a criticidade das falhas e onde podemos identificar conseqüências significantes que afetam a segurança, a disponibilidade ou custo. A metodologia permite selecionar as tarefas adequadas de manutenção direcionadas para os modos de falha identificados.

As estratégias de manutenção em vez de serem aplicadas independentemente são integradas para tirarmos vantagens de seus pontos fortes de modo a aperfeiçoar a operacionalidade e eficiência da instalação e dos equipamentos, enquanto minimizamos o custo do ciclo de vida.

3. MANUTENÇÃO, BUSCA PELA QUALIDADE E SEUS CUSTOS

A busca incessante do lucro pelas empresas, focada em uma análise simplista de redução de custos e aumento de produção, pode desviar a companhia do real caminho para sua sobrevivência no mercado. A via para manter-se e ganhar novos mercados está na qualidade e na produtividade. A busca da qualidade e da produtividade passa por diversas questões, como as políticas de gestão da qualidade, a análise do melhor sistema de produção, o treinamento, a manutenção da produção e outros fatores estratégicos. O papel da manutenção mostra-se essencial na garantia tanto da qualidade quanto da produtividade empresarial.

A manutenção deve ser encarada como uma função estratégica na obtenção dos resultados da organização e deve estar direcionada ao suporte do gerenciamento e à solução de problemas apresentados na produção, lançando a empresa em patamares competitivos de qualidade e produtividade (Kardec & Nascif, 2001). Portanto, deve “ter em conta os objetivos da empresa” e ser gerida de modo a proporcionar à organização um grau de funcionalidade com um custo global otimizado (Souris, 1992). A política de manutenção deve ser definida pela empresa segundo os seus objetivos organizacionais (Wireman, 1990), apresentando-se como fator determinante do sucesso do planejamento da produção e, portanto, da produtividade do processo (Wireman, 1998).

Entretanto, a importância da função manutenção e a opção consciente de seu modelo nem sempre são claras e levadas em consideração na análise das estratégias das organizações e quando o são, acabam sendo descartadas por uma análise incorreta dos custos envolvidos. O fator custo da manutenção, quando analisado isoladamente, acaba inibindo as empresas a considerar em sua estratégia essa manutenção, relegando-a a uma posição secundária ou, mesmo, a ser vista como um mal necessário.

3.1. Manutenção e Qualidade

Quando se fala em produção por meio de máquinas e equipamentos, com

qualquer nível de automação, a qualidade do produto final é determinada, entre outros fatores, pelo desempenho do equipamento/máquina que o fabrica. Tradicionalmente, manutenção e qualidade têm sido analisadas separadamente, como identifica Ben-Daya (2002), que apresenta um modelo matemático que leva em consideração a deterioração do equipamento no processamento da produção de lotes econômicos. Badía *et al.* (2002) discutem essa questão relacionando uma manutenção ineficaz com a necessidade de inspeções mais freqüentes, o que eleva o custo do controle de qualidade.

A deterioração das condições ótimas do equipamento leva a desvios no processo e a queda de qualidade. Conforme Souris (1992), a busca pela qualidade do processo e do produto passa pela qualidade da manutenção, sem a qual o montante investido em sistemas de gestão da qualidade pode ser inteiramente perdido. A qualidade da função manutenção pode evitar a deterioração das funções operacionais dos equipamentos, especialmente aquelas que levam a falhas ocultas, que resultam na incapacidade do processo. Apenas uma manutenção adequada pode garantir que o processo não perderá sua capacidade devido a desvios provocados por problemas no equipamento. A manutenção é encarada como essencial também nos sistemas de gestão da qualidade, como a ISO 9000 (Kardec & Nascif, 2001).

3.2. Manutenção e Produtividade

De forma mais evidente do que a qualidade, a produtividade também depende do desempenho do equipamento. A redução da produtividade em função das paradas de máquinas é analisada no item “Manutenção e Disponibilidade” deste trabalho sob a ótica da disponibilidade dos equipamentos de produção. Entretanto, essa produtividade pode ser ainda mais afetada quando a falta de manutenção ou a manutenção ineficaz causam aumento dos tempos de produção pela redução do desempenho, mesmo não havendo uma parada efetiva do equipamento. Essa condição leva a empresa a buscar a origem da queda de produção em outros fatores, como ferramental, materiais e até operadores, elevando os custos operacionais. Pode-se dizer, portanto, que uma política inadequada de manutenção traz custos adicionais relacionados à falta de produtividade – desde as horas extras necessárias para cumprir a produção até perdas de contrato,

todos mensuráveis, além de outras perdas não mensuráveis, como o desgaste da imagem da empresa (Kardec & Nascif, 2001).

3.3. Manutenção e Disponibilidade

A redução do desempenho do equipamento, que traz a diminuição da qualidade e da produtividade, pode ser evitada com políticas adequadas de manutenção que garantam a eficiência do equipamento. A falta dessas políticas, além da redução da capacidade do processo, acarreta paradas efetivas do equipamento, reduzindo a sua disponibilidade. A disponibilidade dos equipamentos depende da confiabilidade e da manutenibilidade por eles apresentadas (Williams *et al.*, 1994).

Apesar de os valores de confiabilidade e manutenibilidade serem, por definição, fatores intrínsecos do equipamento e dependerem da concepção de seu projeto (SAE International, 1992), eles são afetados por outros fatores, como treinamento dos mantenedores, disponibilidade de peças, limpeza e condição geral do equipamento. Uma política adequada de manutenção deve, então, manter a capacidade e a disponibilidade da máquina, evitando quebras (aumento de confiabilidade) e criando condições de uma intervenção corretiva rápida e eficaz, quando a falha ocorrer (aumento da manutenibilidade).

3.4. Custos da falta de Manutenção

O que foi exposto até agora mostra alguns pontos em que a falta de uma política de manutenção gera custos. Segundo Mirshawa & Olmedo (1993), os custos gerados pela função manutenção são apenas a ponta de um *iceberg*. Essa ponta visível corresponde aos custos com mão-de-obra, ferramentas e instrumentos, material aplicado nos reparos, custo com subcontratação e outros referentes à instalação ocupada pela equipe de manutenção. Abaixo dessa parte visível do *iceberg*, estão os maiores custos, invisíveis, que são os decorrentes da indisponibilidade do equipamento.

O custo da indisponibilidade concentra-se naqueles decorrentes da perda de produção, da não-qualidade dos produtos, da recomposição da produção e das penalidades comerciais, com possíveis conseqüências sobre a imagem da empresa

(Mirshawa & Olmedo, 1993). Esses aspectos também foram tratados por Cattini (1992), quando aponta os custos ligados à indisponibilidade e deterioração dos equipamentos como consequência da falta de manutenção. Essa relação entre custo de manutenção, custo da indisponibilidade e produtividade foi estudada em modelo matemático apresentado por Chiu & Huang (1996), cuja conclusão aponta para uma melhor relação custo-benefício quando a manutenção é tratada de forma preventiva, em vez de situações de descontrole do processo produtivo pela falta de manutenção.

Tomando a manutenção como premissa para a redução dos custos da produção, deve-se definir a melhor política a ser adotada para a otimização dos custos. Essa análise pode ser observada no gráfico clássico, mostrado na figura 1, que ilustra a relação entre o custo com manutenção preventiva e o custo da falha. Entre os custos decorrentes da falha estão, basicamente, as peças e a mão-de-obra necessárias ao reparo e, principalmente, o custo da indisponibilidade do equipamento.

O gráfico da figura 3.1 mostra que investimentos crescentes em manutenção preventiva reduzem os custos decorrentes das falhas e, em consequência, diminuem o custo total da manutenção, em que se somam os custos de manutenção preventiva com os custos de falha. Entretanto, o gráfico mostra também que, a partir do ponto ótimo em investimento com manutenção preventiva, mais investimentos trazem poucos benefícios para a redução dos custos da falha e acabam elevando o custo total. Essa questão foi estudada por Murty & Naikan (1995), que trabalham os limites da disponibilidade e apresentam um modelo matemático para o cálculo do ponto ótimo de disponibilidade, como mostrado no gráfico da figura 3.2.

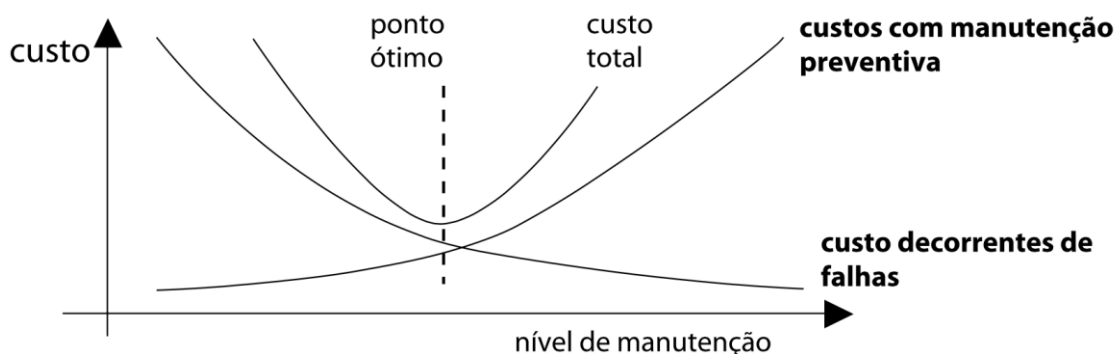


Fig. 3.1 Gráfico custos *versus* nível de manutenção (Mirshawa & Olmedo, 1993).

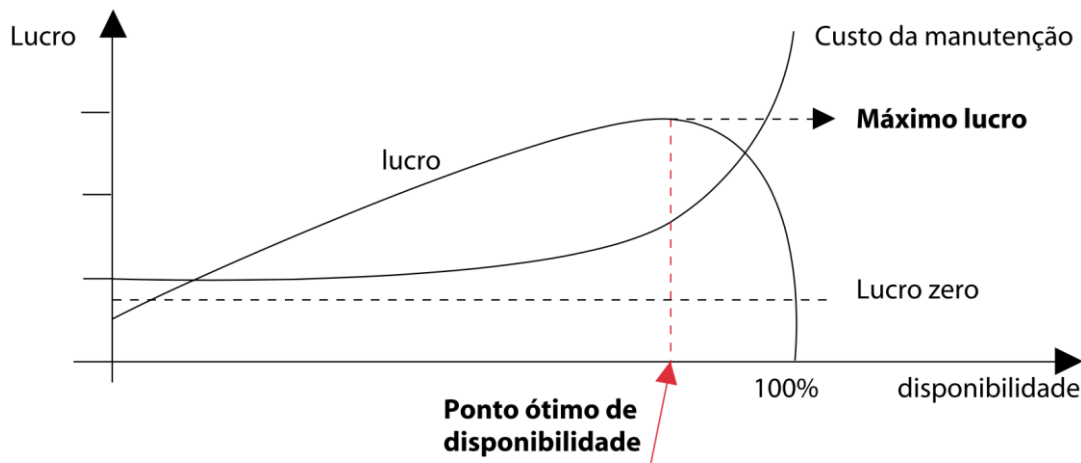


Fig. 3.2 Gráfico lucro *versus* disponibilidade (Murty & Naikan, 1995).

O gráfico da figura 3.2 mostra que a busca por falha zero (100% de disponibilidade) requer gastos cada vez maiores com manutenção, o que acarreta uma consequente redução do lucro da operação. Encontrar o ponto ótimo de disponibilidade, em que o custo da manutenção proporciona um nível de disponibilidade capaz de gerar máximo lucro à operação, é o grande desafio na gestão da manutenção, como afirma Cabrita (2002). Para ele, a manutenção deve garantir a produtividade e o lucro dos negócios da empresa com o menor custo possível.

É muito importante observar, na busca do ponto ótimo, que a política de manutenção a ser adotada deve levar em consideração aspectos como a importância do equipamento para o processo, o custo do equipamento e de sua reposição, as consequências da falha do equipamento no processo, o ritmo de produção e outros fatores que indicam que a política de manutenção não pode ser a mesma para todos os equipamentos, mas deve ser diferenciada para cada um deles, na busca do ponto ótimo entre disponibilidade e custo.

4. CUSTOS ENVOLVIDOS NA MANUTENÇÃO

Custos são valores de serviços na manutenção e reparo de equipamentos. Esses serviços de manutenção e reparo são os que irão assegurar a contínua confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos na unidade de perfuração para sua operação. Esses serviços podem ser classificados em dois modos.

4.1. Custos de manutenção e reparo

Custos com manutenção incluem custos com paradas planejadas e agendas para reparos. Esses custos incluem custos com pessoal, custos de peças sobressalentes e o tempo que o equipamentos estará parado para o reparo. Esses custos tem relação direta com o nível de qualidade das manutenções dos equipamentos Mohammadi (2000). Custos de reparos são aqueles quando envolvem acidentes ou *downtime* incluindo a custos com pessoal, material e custo com parada da operação.

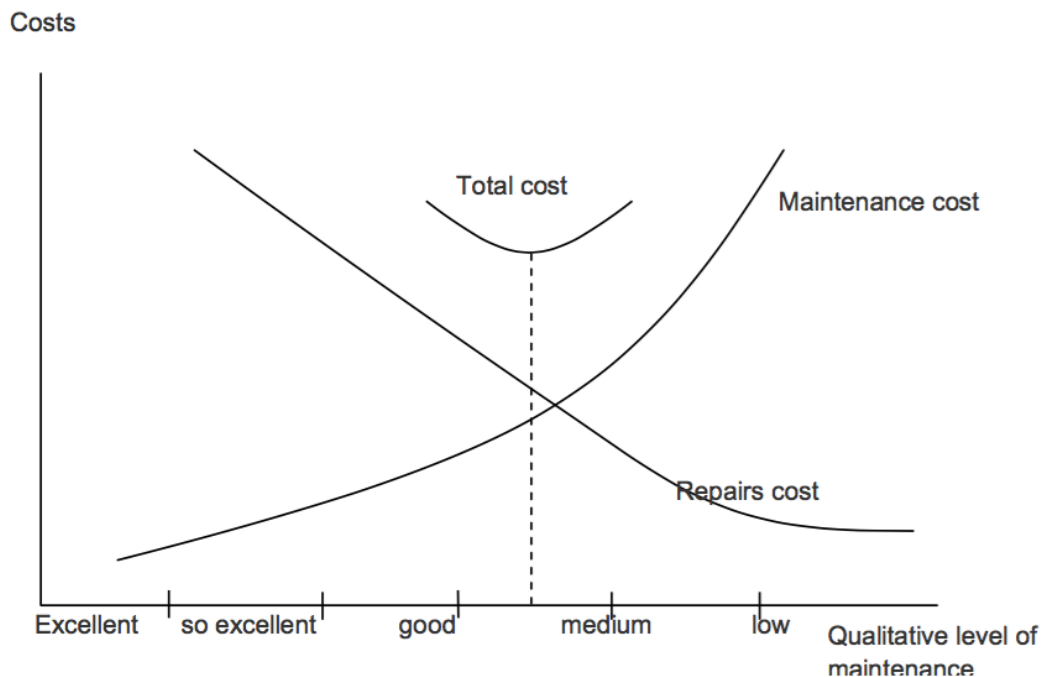


Fig. 4.1 Curva de custos de manutenção e reparo Mohammadi (2010)

4.2. Custos diretos, indiretos e perdas

Custos diretos são aqueles necessários para manter os equipamentos em operação. Neles se incluem: manutenção preventiva, inspeções regulares, manutenção preditiva, detectiva, custos de reparos ou revisões e manutenção corretiva de uma maneira geral.

Custos indiretos são aqueles relacionados com a estrutura gerencial e de apoio administrativo, custos com análises e estudos e melhoria, engenharia de manutenção, supervisão, dentre outros, seguro dos equipamentos.

Custos das perdas são os custos oriundos de perda de produção, causados pela falha do equipamento principal sem que o equipamento reserva, quando existir, estivesse disponível para manter a unidade produzindo; ou pela falha do equipamento, cuja causa determinante tenha sido ação imprópria da manutenção.

5. APLICACAO E IMPLEMENTACAO DO TPM

Visto que a TPM tem o objetivo de aumentar a disponibilidade de máquinas, através da associação de um cuidado planejado do operador com seu equipamento, a uma manutenção planejada executada da indústria, pode-se dizer que esse tipo de ferramenta de manutenção se encaixa perfeitamente na indústria das plataformas de petróleo.

Implementar essa ferramenta de manutenção, significa melhor rendimento dos equipamentos de perfuração e por fim melhor rendimento da plataforma junto ao seu cliente. Essa ferramenta busca fazer um planejamento da manutenção envolvendo seu operador, que é o profissional que tem melhor entendimento de sua operação e correto funcionamento. O objetivo principal da TPM é eliminação contínua de perdas.

Para correta implementação da TPM na indústria, a JIPM propõe que é preciso seguir as oito frentes de gestão (pilares) para o gerenciamento da Manutenção Produtiva Total.

- 1) Manutenção Autônoma: É a manutenção dos equipamentos feita pelos operadores, para garantir alto nível de produtividade. As atividades de Manutenção Autônoma começam nos equipamentos e se estendem a toda produção. O objetivo deste pilar é conscientizar o operador de sua responsabilidade com seu equipamento de trabalho através das atividades da manutenção autônoma.
- 2) Manutenção Planejada: É o pilar responsável por todo o planejamento da manutenção em seu nível macro. A responsabilidade de gestão desse pilar é do setor de manutenção da empresa e seus executores são os mantenedores, os quais têm formação técnica que permite maior conhecimento dos equipamentos. O objetivo é aumentar a eficiência global dos equipamentos (OEE), com aumento da disponibilidade operacional.
- 3) Melhoria Específica: Responsável pelo gerenciamento das informações de funcionamento dos equipamentos. É a frente de gestão que gera estatísticas e propõe otimização através de grupo de melhoria, as quais visam eliminar perdas. O objetivo é desenvolver melhoria contínua ao processo de manutenção de

equipamentos.

- 4) Educação e Treinamento: Gestão responsável pelo controle do conhecimento dos operadores, mantenedores e lideranças inseridas na Manutenção Produtiva Total. Objetiva reduzir perdas por falha humana através de treinamento, capacitação, aquisição de habilidades e auto-estima. Para a implantação da TPM é necessário ter um plano de gestão inicial de treinamento.
- 5) Controle Inicial: A execução de manutenção de equipamentos pode ter deficiências por falta de informações referentes ao histórico de funcionamento. É imprescindível, assim, uma gestão unificada de manutenção de novos equipamentos.
- 6) Manutenção da Qualidade: Através do eficiente reparo das máquinas de produção a TPM tem como meta “zero defeito” de produtos. O setor responsável por controle de qualidade e gerenciamento do sistema de gestão de qualidade deve atuar em conjunto com a gestão da manutenção, para atingir os objetos comuns.
- 7) TPM Office: É o uso da metodologia da Manutenção Produtiva Total, em todos os setores de uma empresa. Organizam-se os processos com o fim de otimizá-los, em rapidez, qualidade e confiabilidade. O objetivo é reduzir perdas administrativas.
- 8) Segurança, Saúde e Meio Ambiente: Frente de gestão que objetiva o nível zero de acidentes ambientais e do trabalho. Tem importância na medida em que torna obrigatória, através das leis e de requisitos ambientais e de segurança do trabalho, a prevenção de acidentes. Desta forma, o pressuposto para boa gestão dessa frente é manter o ambiente de trabalho em boas condições, limpo e seguro.

O PROGRAMA TPM - 8 PILARES

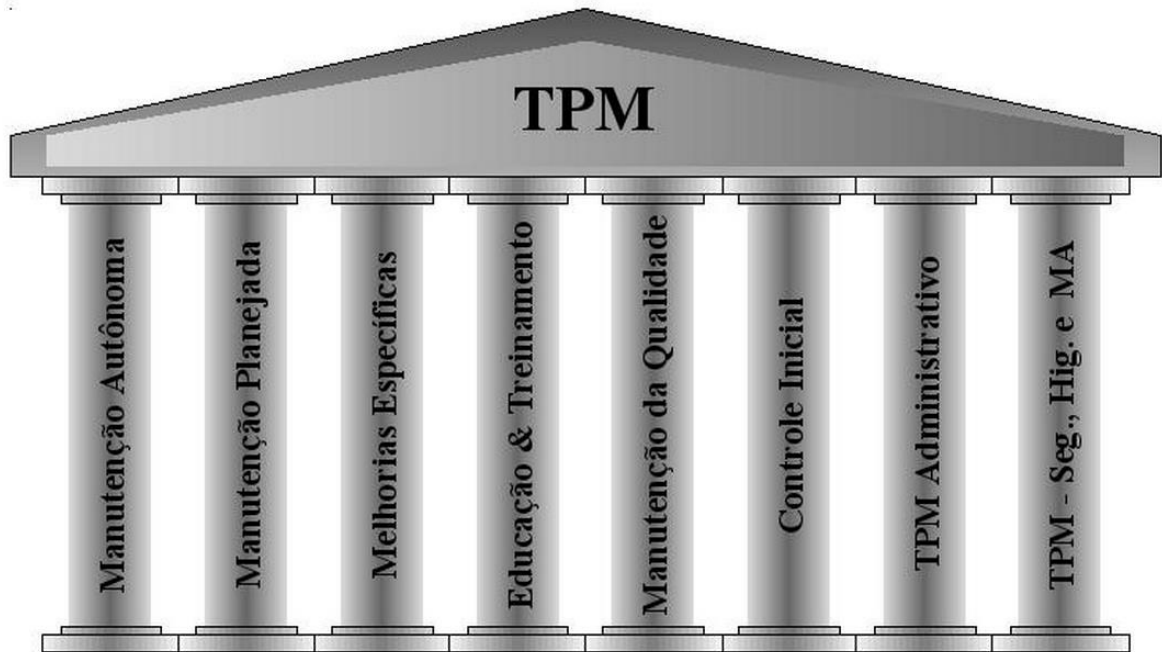


Fig. 5.1 Os 8 pilares da TPM

O programa Manutenção Produtiva Total é implementado nas indústrias a partir desses 12 passos explicados no Quadro 9.

Fases	Etapas	Conteúdo
Preparação	1 – Declaração oficial da decisão da Diretoria pela implementação do TPM.	* Uso de todos os meios de comunicação disponíveis.
	2 – Educação, treinamento e divulgação do início da implementação.	* Seminários para gerência média/alta. * Vídeos para os operadores.
	3 – Estruturação das equipes de multiplicação e implementação.	* Identificação das lideranças e montagem dos comitês.
	4 – Estabelecimento da política básica e metas do TPM.	* Identificação das grandes perdas e definição dos índices relativos ao PQCDM.
	5 – Elaboração do plano diretor para implementação do TPM.	* Detalhamento do plano.
Introdução	6 – Lançamento do projeto empresarial TPM.	* Convite a fornecedores, clientes e empresas afiliadas.
Implantação	7 – Sistematização para melhoria do rendimento operacional.	* Incorporação das melhorias específicas; * Condução da manutenção preventiva e autônoma; * Educação e treinamento em cascata de todos os envolvidos com a implementação com foco na autonomia da equipe;
	8 – Gestão antecipada.	* Prevenção da manutenção com o controle da fase inicial dos equipamentos e do custo do ciclo de vida. Prevenir perdas crônicas.
	9 – Manutenção da Qualidade	* Foco nas falhas freqüentes e ocultas e nos processos que afetem a qualidade do produto e das entregas.
	10 – Melhoria dos processos administrativos.	* TPM de escritórios, revisão das rotinas administrativas com base na eliminação de perdas.
	11 – Segurança, Saúde e Meio ambiente.	* Ações e recuperação e prevenção de riscos a saúde e segurança dos operários e do meio ambiente.
Consolidação	12 – Aplicação total do TPM.	* Obtenção de resultados que demonstrem o alcance e a manutenção da excelência em TPM. * Candidatura ao Prêmio de excelência do JIPM.

Fig. 5.2. Etapas de implantação do TPM. Fonte: TAVARES (1999).

CONCLUSÃO

A TPM assume hoje, um papel importantíssimo na indústria, sendo amplamente utilizada como um poderoso instrumento para a redução dos custos e aumento da produtividade.

Implementação da TPM é processo difícil, compreensivo e de longo tempo. Líderes precisam manter seus compromettimentos, manter os processos visíveis, providenciarem suporte necessário e manter as pessoas focadas nos resultados. A ferramenta TPM irá influenciar no gerenciamento das decisões e ações. No geral, gerenciamentos irão adotar acompanhamento proativo da manutenção do equipamento seguindo todos pilares que fundam a TPM para que nenhum de seus passos sejam esquecidos e ao fim da implementação se tenha os objetivos alcançados dentro das operações da unidade.

Com o uso das ferramentas do TPM, o conceito de trabalho em equipe irá ser encorajado dentro da unidade. Empregados não terão somente orgulho do trabalho realizado com o equipamento mas aceitarão a reponsabilidade de manter sua disponibilidade e performance.

Várias grandes corporações industriais do mundo fazem o uso desse método de gestão. Estudos confirmam que Manutenção Produtiva Total contribui para a redução de custos e elevação dos índices de vários indicadores de desempenho, portanto é eficaz no que ela se propõe e por isso é tão utilizada.

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

Banker BECK, L. K. ***Speaking of continuous improvement. Engineer's Digest***. Abril, 1999. Disponível em < w.findarticles.com/cf_0/m0BIM/4_27/54986446/print.jhtml

PALMEIRA, J. N.; TENÖRIO, F. G. **Flexibilização organizacional: aplicação de um modelo de produtividade total**. Rio de Janeiro: FGV Eletronorte, 2002. 276p. ISBN 85- 225-0402-4

NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM**. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos, 1989. 110p. 12 NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM**. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos, 1989. 42p.

Souza, S.S., Lima, C.R.C. **Manutenção Centrada em Confiabilidade como ferramenta estratégica**. XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEPP. Ouro Preto, MG – Brasil. Outubro de 2003.

WILMETH, G. W., USREY, M. W. ***Reliability centered maintenance: a case study, Engineering Management Journal***, v. 12, n. 4, p. 25-31, 2000.

BEN-DAYA, M. ***The economic production lot-sizing problem with imperfect production process and imperfect maintenance. International Journal of Production Economics, New York***, 76, 257-264, 2002.

BADÍA, F.G. *et al.* ***Optimal inspection and preventive maintenance of units with revealed and unrevealed failures. Reliability Engineering System Safety***, London, 78, 157-163, 2002.

SOURIS, J-P. **Manutenção Industrial – custo ou benefício**. Trad. Elizabete Batista. Lisboa: Lidel, 1992.

KARDEC, A. & NASCIF, J.A. **Manutenção – função estratégica**. 2.a ed. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda., 2001.

WILLIAMS, J.H. *et al.* ***Condition-based Maintenance and Machine Diagnostics***. Londres: Chapman & Hall, 1994.

WIREMAN, T. ***Developing Performance Indicators for Managing Maintenance***. Nova York: Industrial Press, 1998.

WIREMAN, T. ***World Class Maintenance Management***. Nova York: Industrial Press, 1990.

SAE INTERNATIONAL. ***Reliability and Maintainability Guideline for Manufacturing Machinery and Equipment***. EUA: Society of Automotive Engineers, 1992.

BEN-DAYA, M. **The economic production lot-sizing problem with imperfect production process and imperfect maintenance.** *International Journal of Production Economics*, New York, 76, 257-264, 2002.

CATTINI, O. **Derrubando os Mitos da Manutenção.** São Paulo: STS Publicações e Serviços Ltda., 1992.

CABRITA, G. **A manutenção na indústria automotiva.** *Revista Manutenção*, São Paulo, 20-26. mar./mai./02.

MIRSHAWKA, V. & OLMEDO, N.C. **Manutenção – combate aos custos na não-eficácia – a vez do Brasil.** São Paulo: Editora McGraw-Hill Ltda., 1993.

CHIU, H-N. & HUANG, B.S. **The economic design of x control charts under a preventive maintenance policy.** *International Journal of Quality & Reliability Management*, Cambridge, 13 (1): 61-71, 1996.

MURTY, A.S.R. & NAIKAN, V.N.A. **Availability and maintenance cost optimization of a production plant.** *International Journal of Quality & Reliability Management*, Cambridge, 12 (2): 28-35, 1995.

Haj Shir Mohammadi A., (2000). **Maintenance and repairs planning (technical management in industries)**, Ghazal Publications.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção.** São Paulo: Atlas, 2002.