

**Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba**

**A MATURIDADE DA GESTÃO DA MANUTEN-  
ÇÃO NA ÁREA INDUSTRIAL**

**Marcio Alexandre Pires dos Santos**

**Pindamonhangaba – SP  
2021**

**Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba**

**A MATURIDADE DA GESTÃO DA MANUTEN-  
ÇÃO NA ÁREA INDUSTRIAL**

**Marcio Alexandre Pires dos Santos**

Projeto de monografia apresentada à Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba para graduação, no Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial.

Orientador(a): Prof. Me. Laércio Ferreira.

**Pindamonhangaba - SP**

**2021**

S237m Santos, Marcio Alexandre Pires dos.  
A Maturidade da Gestão da Manutenção na Área Industrial /  
Marcio Alexandre Pires dos Santos / FATEC Pindamonhangaba, 2021.  
69f.; il.

Orientador: Professor Me. Laércio Ferreira  
Monografia (Graduação) – FATEC – Faculdade de Tecnologia  
de Pindamonhangaba. 2021

1. Bombas. 2. Motores. 3. Área Industrial. 4. Gestão.  
5. Maturidade. I. Santos, Marcio Alexandre Pires dos. II. Ferreira,  
Laércio. III. Título.

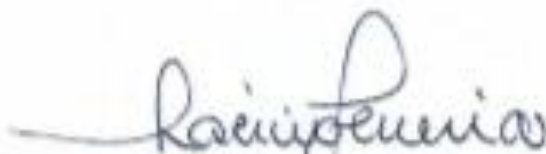
CDD 658

Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba

# A MATURIDADE DA GESTÃO DA MANUTENÇÃO NA ÁREA INDUSTRIAL

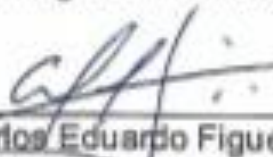
Marcio Alexandre Pires dos Santos

Monografia apresentada à Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba para graduação no Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial



---

Prof. Me. Laércio Ferreira  
Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba



---

Prof. Me. Carlos Eduardo Figueiredo  
Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba



---

Prof. Ma. Lúcia de Almeida Ribeiro  
Faculdade de Tecnologia de Pindamonhangaba

Pindamonhangaba, 09 de dezembro de 2021.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esse trabalho de graduação primeiramente a Deus, que nos capacita e nos concede a graça de vivermos nossos sonhos e também aos Professores e mestres da Fatec Pindamonhangaba em especial Me. Laercio Ferreira sem vocês eu nada seria, tudo isso só foi possível graças a dedicação e cuidado que sempre tiveram por mim.

## **AGRADECIMENTO**

A todos que direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desse trabalho.

Aos professores que compartilharam seus conhecimentos técnicos, mas principalmente seus profundos ensinamentos de vida conosco ao longo dessa jornada.

Aos colegas que dividiram esse processo comigo e que tantas vezes se mostraram dispostos a ajudar e apoiar uns aos outros.

Acima de tudo a Deus, que nos concede vida, sabedoria, força e a incrível possibilidade de sonhar e lutar pelos nossos sonhos.

É o avião e não a nossa força que nos faz chegar. O destino que Deus disse não repousa em nossa capacidade de chegar, mas na força de Deus em nos transportar.

*Drummond Lacerda.*

SANTOS, Marcio Alexandre Pires dos. **A MATURIDADE NA GESTÃO DA MANUTENÇÃO NA ÁREA INDUSTRIAL**. Orientador: Me. Laércio Ferreira. 2021. 69 p. Trabalho de graduação (Graduação em Tecnologia em Manutenção Industrial) - FATEC de Pindamonhangaba, Pindamonhangaba, 2021.

## RESUMO

A gestão da manutenção dentro das organizações, serve as vezes para avaliar o bom funcionamento dos equipamentos, procurando principalmente antecipar as falhas que podem vir a ocorrer futuramente, através desse monitoramento deve-se dizer o momento em que eles devem estar fora de utilidade por ocorrência de falhas, por isso neste caso a gestão se torna importante. Uma técnica que busca garantir e assegurar que não haja riscos, a manutenção pode indicar algo que esteja fora do padrão, por isso com o passar do tempo, métodos foram sendo desenvolvidos para utilizar-se desta manutenção, entre eles análises químicas de viscosidade, medição de variáveis, softwares de acompanhamento, entre outros procedimentos realizados sempre pelos profissionais adequados. Esta pesquisa é iniciada com uma revisão bibliográfica sobre os principais esquemas de gestão da manutenção conhecidos, demonstrando que cada um destes reflete uma evolução ou complementação dos anteriormente desenvolvidos. A Manutenção Centrada no Custo ou no Lucro ao longo do ciclo de vida gera ações de revisão de projeto, na busca da redução das necessidades de manutenção. Na seqüência é apresentada uma proposta de método de avaliação do nível de maturidade da gestão da manutenção, partindo-se de referenciais pesquisados que, complementados com os elementos estudados, geraram um método mais abrangente e detalhado. A partir daí, as evidências de implementação de cada processo permitirão diagnosticar em que estágio de evolução a mesma se encontra.

**Palavras-Chave:** Bombas. Motores. Área industrial. Gestão. Maturidade.



**ANTOS, Marcio Alexandre Pires dos. MATURITY IN MAINTENANCE MANAGEMENT IN THE INDUSTRIAL AREA..** Advisor: Me. Laércio Ferreira. 2020. 69 p. Graduation Project (Graduation in Industrial Maintenance Technology) - FATEC de Pindamonhangaba, Pindamonhangaba, 2020.

## **ABSTRAT**

Maintenance management within organizations sometimes serves to assess the proper functioning of this equipment, mainly seeking to anticipate failures that may occur in the future, through this monitoring the moment when they should be out of use by the occurrence of failures, so in this case management becomes important. A technique that seeks to guarantee and ensure that there are no risks, maintenance can indicate something that is out of the standard, so over time, methods have been developed to use this maintenance, including chemical analysis of viscosity, measurement variables, monitoring software, among other procedures always performed by the appropriate professionals. This research begins with a bibliographical review on the main known maintenance management schemes, demonstrating that each one of them reflects an evolution or complementation of the previously developed ones. Cost or Profit Centered Cost or Profit Centered Maintenance throughout the lifecycle generates project review actions, seeking to reduce maintenance needs. Next, a proposal for an assessment method of the maintenance management maturity level is presented, starting from researched references that, complemented with the studied elements, generated a more comprehensive and detailed method. From there, the evidence of the implementation of each process will allow us to diagnose at which stage of evolution it is.

Keywords: Bombs. Engines. Industrial area. Management. Maturity.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Evolução da Manutenção.....	21
Tabela 2 – Modelo da Universidade de Eindhoven.....	51

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Manutenção Corretiva.....	27
Figura 2 –	Manutenção Prevetiva.....	29
Figura 3 –	Manutenção Preditiva.....	30
Figura 4 –	Evolução dos resultados da manutenção.....	32
Figura 5 –	Bancada de manutenção de motor.....	34
Figura 6 –	Terotecnologia – Conceitos básicos.....	50
Figura 7 –	Análise do Custo no Ciclo de Vida.....	50
Figura 8 –	Modelo da Universidade de Eindhoven.....	52
Figura 9 –	A “bola de futebol” do TQMain.....	53
Figura 10 –	Pilares do Programa TPM.....	55
Figura 11 –	Processo de Implementação do RCM.....	56
Figura 12 –	Matriz Qualitativa de Riscos (Baseada no API) .....	57
Figura 13 –	Elementos Chave do SMM.....	59
Figura 14 –	Relação entre Sistemas de Gestão da Manutenção, da Produção e Empresarial.....	60
Figura 15 -	Modalidades de Contratação de Serviços de Manutenção e aspectos relacionados.....	60
Figura 16 -	Pilares, atributos e métricas para a WCM.....	62
Figura 17 -	Avaliação da Maturidade da Organização da Manutenção.....	63
Figura 18 -	Modelo Ampliado para Avaliação da Maturidade da Organização da Manutenção.....	63

## LISTA DE ABREVIACOES

MCC – Manutenção Centrada em Confiabilidade

PDCA – Ciclo PDCA (Plan, Do, Chec,Action)

RBM - Manutenção Baseada em Risco

RCM – *ReliabilityCenteredMaintenance* (Manutenção Centrada em Confiabilidade)

SMM - Total Quality Maintenance

TQMain – Total Quality Maintenance

WCM. - Manutenção de Classe Mundial.

WMS. - World Maintenance

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	<b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>
1.1 PROBLEMA.....	<b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>
1.2 OBJETIVOS .....	<b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	<b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>
2.1 MANUTENÇÃO.....	<b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>
2.1.1 Evolução da Manutenção.....	<b>Erro! Indicador não definido.9</b>
2.1.2 <i>Primeira geração: período pré-guerra mundial</i> .....	21
2.1.3 <i>Segunda geração: período pós-guerra mundial</i> .....	22
2.1.4 <i>Terceira geração: a partir da década de 1970</i> .....	22
2.1.5 <i>Quarta geração: dias atuais</i> .....	24
2.2 TIPOS DE MANUTENÇÃO.....	<b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>
2.2.1 <i>Manutenção corretiva não planejada</i> .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.2.1.1 <i>Manutenção corretiva não planejada</i> .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.2.1.2 <i>Manutenção corretiva planejada</i> .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.2.2 <i>Manutenção Preventiva</i> .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.2.3 <i>Manutenção Preditiva</i> .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.2.4 <i>Engenharia de Manutenção</i> .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.3 A GESTÃO ESTRATÉGICA DE MANUTENÇÃO .....	<b>ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.</b>
2.4 A INFLUÊNCIA DOS MOTORES NA ÁREA INDUSTRIAL.....	<b>Erro! Indicador não definido.....33</b>
2.4.1 Motores Eletricos .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
2.4.2 Falhas em motores elétricos.....	35
2.5 BOMBAS.....	38
2.5.1 Classificação das Bombas.....	38
2.6 A GESTÃO DE MANUTENÇÃO.....	41
<b>3. MATERIAIS E METODOS</b> .....	<b>Erro! Indicador não definido.8</b>
3.1 Introdução.....	48
3.2 O Estado da Arte para os Modelos de Gestão da Manutenção.....	48

<b>3.2.1</b>	<b>Modelo Terotecnológico Básico.</b>	<b>48</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Modelo Terotecnológico Avançado</b>	<b>49</b>
<b>3.2.3</b>	<b>O Modelo da Universidade de Tecnologia de Eindhoven</b>	<b>50</b>
<b>3.2.4</b>	<b>Qualidade Total na Manutenção (ou TQMain)</b>	<b>52</b>
3.2.5.	A Filosofia de Kelly	53
3.2.6	Manutenção Produtiva Total	54
3.2.7	Manutenção Centrada em Confiabilidade	55
3.2.8	Manutenção Baseada em Risco	56
3.2.9	Manutenção Centrada na Eficácia	58
3.2.10	Gerenciamento Estratégico da Manutenção	59
3.2.11	Avaliação da Maturidade da Organização da Manutenção	60
3.2.12	Avaliação da Maturidade da Organização da Manutenção	61
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO E CONSIDERAÇÕES</b>	<b>64</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>66</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>		<b>67</b>



## 1. INTRODUÇÃO

A gestão da manutenção dentro das organizações, serve às vezes para avaliar o bom funcionamento destes equipamentos, procurando principalmente antecipar as falhas que podem vir a ocorrer futuramente, através desse monitoramento deve-se dizer o momento em que eles devem estar fora de utilidade por ocorrência de falhas, por isso neste caso a gestão se torna importante.

Uma técnica que busca garantir e assegurar que não haja riscos, a manutenção pode indicar algo que esteja fora do padrão, por isso com o passar do tempo, métodos foram sendo desenvolvidos para utilizar-se desta manutenção, entre eles análises químicas de viscosidade, medição de variáveis, softwares de acompanhamento, entre outros procedimentos realizados sempre pelos profissionais adequados.

A gestão de manutenção se destaca na área mecânica, por conta de uma mudança de padrões, tida por muitas empresas como uma oportunidade de gerar um valor financeiro maior, podendo prevenir uma possível falha, por isso vem sendo explorada por pesquisadores da área, propondo melhorar as aplicações, com novas metodologias que possam propor um conhecimento científico específico, a partir das diversas teorias que vem sendo estudadas neste caso.

Como essa manutenção, envolve também diversos setores, interesses diferenciados, as pesquisas podem ser construídas com múltiplos e diferentes critérios durante a sua análise, apoiando as decisões na gestão da sua manutenção.

Para Carneiro (2014) Com a constante evolução da eletrônica, mecânica e automação, há um aumento considerável na quantidade e complexidade do maquinário industrial, o que impactou também em realizar procedimentos de manutenção mais complexos e especializados, especialmente se a tecnologia de fabricação envolve avançada automatização.

Através de uma revisão bibliográfica sobre os principais esquemas de gestão da manutenção conhecidos, demonstrando que cada um destes reflete uma evolução ou complementação dos anteriormente desenvolvidos. A Manutenção Centrada no Custo ou no Lucro ao longo do ciclo de vida gera ações de revisão de projeto, na



busca da redução das necessidades de manutenção. A TQM (Total Quality Maintenance) considera a aplicação do ciclo de Deming (PDCA) às atividades de manutenção. Dá especial atenção ao monitoramento de condições operacionais. A TPM (Manutenção Produtiva Total) busca a maximização da eficácia dos equipamentos através do envolvimento do pessoal, da manutenção autônoma e do estabelecimento de grupos de estudo. A RCM é um método lógico para determinar ações de manutenção preventiva necessárias para maximizar a confiabilidade. A RBM analisa a probabilidade e consequência das falhas para priorizar as ações de manutenção. A ECM conjuga os conceitos da RCM, da TQM e da TPM e estabelece indicadores de desempenho para a medição da eficácia. O SMM (Total Quality Maintenance) reforça o vínculo entre a estratégia da manutenção e os objetivos da produção e da companhia como um todo, destaca o papel da terceirização e dos sistemas de apoio. A Manutenção Classe Mundial (WCM), modelo mais recente, reúne quase todos os elementos dos demais, embasando-os no seu pilar de liderança e gestão de mudanças, podendo ser considerado o mais abrangente atualmente. Na seqüência é apresentada uma proposta de método de avaliação do nível de maturidade da gestão da manutenção, partindo-se de referenciais pesquisados que, complementados com os elementos estudados, geraram um método mais abrangente e detalhado. Para tal, o estudo está estruturado conforme segue: nos itens 3.2.1 a 3.2.12 são descritos resumidamente os principais modelos de gestão da manutenção, no item 5 apresentam-se as referências da literatura e a sugestão do método ampliado e detalhado, para a avaliação da maturidade, enquanto que no item 4 efetua-se a conclusão do estudo

Na seqüência é apresentada uma proposta de ações desta manutenção, não partem somente de executar uma ação corretiva, ou a manutenção de um item em específico, mas de propor decisões sobre ações que podem ser planejadas, programadas para que possam trazer a garantia de produtos e serviços, trazendo também a garantia de uma eficiência maior na empresa.

Relacionando-se a isso, uma demanda crescente por produtividade e qualidade, requer que máquinas que contenham um nível alto de confiabilidade e disponibilidade para a produção, tornam-se então algo muito relevante, desenvolver programas que sejam adequados para que esta manutenção ocorra de forma integrada.

Ishizaka (2014) destaca alguns critérios que devem ser levados em conside-

ração, para avaliar a qualidade de produção de uma manutenção, que são: tempo de inatividade, a frequência de manutenção, custos de peças de reposição, os impactos de estrangulamento da produção, entre outros. Uma estratégia de seleção de máquinas para execução de ações de manutenção pode ser feita com um método de escolha de decisão multicritério.

Desta maneira, a manutenção se torna cada vez mais algo necessário para o desempenho de plantas industriais, sendo que acaba por afetar a rentabilidade, mas também a segurança, o monitoramento do desempenho de bombas e motores precisa de uma aquisição sistemática, com uma abordagem mais prática, para que esta gestão possa acontecer, esse monitoramento pode estar alicerçado com um planejamento estratégico através dos sensores e dos computadores.

Esses métodos de multicritério de ordenação podem ser utilizados, porém não se pode durante todas as vezes priorizar um equipamento que possa ter relação com outro, definindo um cronograma de manutenção, já que de muitas formas, os dados que podem ser utilizados se tornam incomparáveis ao se aplicar algum método.

O crescimento destes sensores ou dispositivos, assim como das suas técnicas de comunicação, pode permitir que formas diferentes de aquisição possam ocorrer, o compartilhamento de informações, em relação ao desempenho de bombas, entre outros motores, que podem se torna presentes, em muitos pontos de uma determinada planta industrial, sendo assim, podem-se ajustar os dados que forem coletados, tornando-os relevantes, para essa aplicação multicritério.

Para Lamin Filho (2014) o ambiente produtivo, os motores elétricos são a força motriz principal para as aplicações industriais. São máquinas robustas utilizadas não só para fins gerais, mas também para tarefas perigosas e em ambientes severos.

As aplicações de uso geral de componentes como motores elétricos, bombas de sucção e de elevação de pressão, transportadores verticais e horizontais, máquinas-ferramentas, máquinas centrífugas, prensas, elevadores, equipamentos para embalagem entre outras aplicações.

Essas formas de aplicação podem estar presentes em alguns locais perigosos, assim como plantas petroquímicas, de gás natural, assim como as aplicações nos ambientes como elevadores de grão, retalhamento, equipamentos relacionados a usinas de carvão.

Isto tudo se torna ainda mais difícil de ser entendido, a medida que se exploram os principais detalhes dos equipamentos, os componentes e os procedimentos mais críticos do processo de produção, considerados como a criticidade presente nas máquinas, processos, ações que envolvem o aumento da produção, entre outras questões que podem ser levadas em consideração nesses casos.

Assim, a manutenção pode, neste cenário, identificar uma condição de operação insatisfatória antecipadamente, predizendo a falha antes que isso resulte num efetivo prejuízo para a empresa. As falhas não previstas por falta de monitoramento resultam em elevado tempo de paradas na produção e são mais difíceis de reparar.

Além disso, a substituição de um motor nem sempre é fácil, pois depende da disponibilidade do fornecedor ou de armazenamento de equipamento reserva, que nem sempre é planejado ou apresenta alto custo.

## **1.1 PROBLEMA**

Percebe-se que essa gestão da manutenção trouxe muitas mudanças nos aspectos industriais. Por isso, o problema a pesquisar consiste em Identificar dentro desta gestão, como essas técnicas avançadas de manutenção ao longo dos anos, foram transformados o processo produtivo das empresas e trazendo uma tecnologia de produção mais eficiente, para os processos mecânicos.

## **1.2 OBJETIVO**

O principal objetivo se torna identificar dentro da manutenção, os principais benefícios que a gestão desta infra-estrutura pode proporcionar em relação aos processos industriais que envolvem componentes e acessórios na mecânica industrial.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

### 2.1 MANUTENÇÃO

Podemos definir manutenção como a ação de fazer com que algo cumpra a sua função planejada, seja através de ações preventivas para se manter esse item em funcionamento ou por meio de ações corretivas no intuito de devolver ao item a sua capacidade de executar sua função.

A palavra manutenção deriva do latim *manus tenere*, que significa manter o que se tem e mesmo que não percebamos ela está presente em nossas vidas o tempo inteiro, desde que começamos a fazer uso de instrumentos para produção de coisas, ela está e sempre esteve intrínseca no nosso dia-a-dia, porém foi no final do século XVIII, com o advento da Revolução Industrial e o aumento da capacidade de produção de bens de consumo que passamos a vê-la inserida como parte da função produtiva das indústrias. (VIANA, 2002)

A manutenção evolui muito ao longo dos anos, no início sua atuação acontecia somente de maneira corretiva, afim de reparar algum dano que o equipamento já tinha sofrido, porém com o crescente desenvolvimento tecnológico das indústrias, o aumento de suas capacidades produtivas, a necessidade de melhoria de disponibilidade de maquinários afim de se obter maior competitividade, ela passou a ganhar mais notoriedade até passar a ser vista como um setor estratégico e demandar profissionais qualificados trabalhando de maneira bem planejada attingir a confiabilidade que é requerida pelo mercado atual.

Para conceituar alguns modelos, motores e bombas serão itens que estarão em evidencia nos esclarecimentos de alguns trabalhos da manutenção.

#### 2.1.1 Evolução da manutenção

A manutenção, hoje considerada uma atividade benéfica, que pode trazer grandes ganhos para a indústria, já foi relegada a um plano inferior, do ponto de vista do gerenciamento. (VERRI, 2007)

Conforme explanado por Verri (2007, p.1) foi

somente a partir da década de 80, tendo a sociedade se movi-

mentado de uma era industrial simples para uma era caracterizada pela alta tecnologia e complexidade, é que a manutenção está sendo obrigada a absorver tecnologias cada vez mais sofisticadas, inclusive o gerenciamento no seu mais amplo sentido, envolvendo aspectos comportamentais, terceirização, controle de custos, ferramentas da qualidade, procedimentos indicadores, controles estatísticos, manutenção preditiva, relações com fornecedores e clientes. A extrema valorização a segurança no trabalho trouxe complexidade ainda maior para esta atividade.

Toda a evolução pela qual a manutenção tem passado principalmente durante as últimas décadas são comumente divididas em fases ou gerações, podemos dividir a partir de 1930 em 4 gerações conforme tabela 1, abaixo:

Tabela 1 – Evolução da manutenção

EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO				
	Primeira Geração	Segunda Geração	Terceira Geração	Quarta Geração
Ano				
Aumento das expectativas em relação à manutenção	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conserto após a falha</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponibilidade crescente</li> <li>• Maior vida útil do equipamento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maior confiabilidade</li> <li>• Maior disponibilidade</li> <li>• Melhor relação custo-benefício do meio ambiente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maior confiabilidade</li> <li>• Maior disponibilidade</li> <li>• Preservação do meio ambiente</li> <li>• Segurança</li> <li>• Influir nos resultados do negócio</li> <li>• Gerenciar os ativos</li> </ul>
Visão quanto a falha do equipamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todos os equipamentos se desgastam com a idade e, por isso, falham</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todos os equipamentos se comportam de acordo com a curva da banheira</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existem 6 padrões de falhas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduzir drasticamente falhas prematuras dos padrões A e F.</li> </ul>
Mudanças nas técnicas de manutenção	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Habilidades voltadas para o reparo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planejamento manual da manutenção</li> <li>• Computadores grandes e lentos</li> <li>• Manutenção preventiva (por tempo)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoramento da condição</li> <li>• Manutenção preditiva</li> <li>• Análise de risco</li> <li>• Computadores pequenos e rápidos</li> <li>• Softwares potentes</li> <li>• Grupos de trabalho multidisciplinares</li> <li>• Projetos voltados para a confiabilidade</li> <li>• Contratação por mão de obra e serviços</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento da manutenção preditiva e monitoramento da condição</li> <li>• Minimização das manutenções preventivas e corretivas não planejadas</li> <li>• Análise de falhas</li> <li>• Técnicas de confiabilidade</li> <li>• Manutenibilidade</li> <li>• Engenharia de manutenção</li> <li>• Projetos voltados para confiabilidade, manutenibilidade e custo do ciclo de vida</li> <li>• Contratação por resultados</li> </ul>

Fonte: Adaptado de Kardec e Nascif (2009, p.5)

### 2.1.2 Primeira geração: período pré-guerra mundial

Nesse período encontramos equipamentos com as seguintes características: simples, pouco mecanizados, superdimensionados.

A manutenção resumia-se basicamente em corretivas não planejadas, ou seja, reparo após a quebra e atividades de limpeza e lubrificação, isso se dava devido

a situação econômica da época que não exigia tanta produtividade.

Existia também a crença de que (todos os equipamentos se desgastavam com o passar dos anos, vindo a sofrer falhas ou quebras”, diante desse cenário não se exigia uma mão de obra qualificada, apenas a habilidade de realizar os reparos requeridos. (KARDEC; NASCIF, 2009).

### **2.1.3 Segunda geração: período pós-guerra mundial**

Nesse período o cenário já era completamente diferente, a guerra fez com que a demanda por produtos de todo o tipo crescesse e ainda se enfrentava a escassez de mão de obra, situações que trouxeram à tona a necessidade de mecanização dos equipamentos fazendo a complexidade das instalações industriais aumentarem.

Esse novo contexto impactou diretamente a manutenção, pois para atender a nova demanda de produtividade era necessário que os equipamentos oferecessem maior disponibilidade e confiabilidade, logo as falhas dos equipamentos não eram mais aceitas como algo normal, mas como passaram a serem vistas como algo que poderia e deveria ser evitado. A partir daí começou-se a trabalhar em cima dos conceitos de manutenção preventiva, que inicialmente passaram a ser executadas de maneira periódica, em intervalos fixos.

Com a modernização de instalações e crescimento da demanda produtiva, os custos com manutenção aumentaram significativamente, o que despertou a necessidade de implantação de sistemas de planejamento e controle de manutenção afim de buscar formas para aumentar a vida útil dos ativos e garantir maior disponibilidade e confiabilidade aos mesmos. (KARDEC; NASCIF, 2009).

### **2.1.4 Terceira geração: a partir da década de 1970**

A partir da década de 70 o processo de mudanças nas indústrias se acelerou, com a tendência mundial da utilização do sistema *Just In Time*, que determina que

nada deve ser, comprado, produzido ou transportado antes da hora certa, o cenário produtivo passou a contar com estoques reduzidos e qualquer parada na produção poderia acarretar paralizações no processo. Essas paralizações por sua vez geravam preocupações generalizadas pois acarretavam diminuição na capacidade produtiva e afetavam a qualidade dos produtos fabricados.

A automação ganhou o seu espaço e não era uma realidade somente dentro das indústrias ela chegou aos mais diversos segmentos, como saúde, transporte, controle climático de edifícios, telecomunicação e como isso se tornou cada vez mais importante a garantia da disponibilidade e confiabilidade de equipamentos e sistemas é que o contrário poderia causar impacto direto no dia-a-dia de toda a sociedade.

Maior grau de automação significa também sistemas e instalações mais complexos e mais suscetíveis a falhas, o que poderia causar perda nos padrões de qualidade estabelecidos e também provocar sérias consequências nos quesitos de segurança e meio ambiente que estavam crescendo e se consolidando nessa época e o não cumprimento dessas normas de segurança poderia até mesmo impedir o funcionamento das plantas.

Na Terceira Geração podemos presenciar:

- Os conceitos de manutenção preventiva serem reforçados;
- O planejamento, controle e acompanhamento das atividades de manutenção sendo realizados a partir de computadores e softwares potentes que passaram a estar disponíveis com o avanço tecnológico;
- Os conceitos de confiabilidade ganharem cada vez mais importância e serem amplamente aplicados;
- A partir dos anos 90 a implantação do MCC (Manutenção Centrada em Confiabilidade ou RCM em inglês) começar a ser realizada nas indústrias brasileiras baseado em estudos desenvolvidos dentro das indústrias do ramo aeronáutico;
- A falta de interação entre as áreas de engenharia, manutenção e operação impedirem que projetos que buscavam alcançar maior confiabilidade apresentassem melhores resultados tendo como consequência a alta taxa de fa-



lhas prematuras (mortalidade infantil) em equipamentos. (KARDEC; NASCIF, 2009).

### **2.1.5 Quarta geração: dias atuais**

Diversos conceitos criados na terceira geração são trazidos para a quarta, mas sendo aprimorados. A disponibilidade ganha ainda mais notoriedade e o aumento da confiabilidade de equipamentos se torna algo de constante busca da manutenção. A participações da engenharia de manutenção se consolida através da garantia do alcance dos 3 principais alvos:

- Disponibilidade;
- Confiabilidade;
- Manutenibilidade.

A análise de falhas passa a ser uma metodologia amplamente aplicada e apoia a resolução da minimização das falhas prematuras em equipamentos que passaram a ser observadas ainda na terceira geração.

Procura-se interferir o menos possível nos equipamentos e diminuir cada vez mais as paradas de manutenção de produção para intervenções de manutenção, até mesmo as preventivas que passam a dar lugar para a aplicação de manutenções preditivas e monitoramento das condições dos equipamentos e processos, a manutenção corretiva não planejada passa a ser vista como um indicador de ineficácia na manutenção. (KARDEC; NASCIF, 2009).

## **2.2 TIPOS DE MANUTENÇÃO**

### **2.2.1 Manutenção Corretiva**

A manutenção corretiva é aquela onde se atua quando o equipamento apresenta alguma falha ou não executa sua função conforme esperado.

Segundo Monchy (1987, p.37) “ A manutenção corretiva corresponde a uma atitude de defesa (submeter-se, sofrer) enquanto se espera uma próxima falha aci-

dental (fortuita), atitude característica da conservação tradicional. ”

Ela pode ser caracterizada como uma manutenção paliativa, que tem caráter provisório e tem objetivo somente de tirar o equipamento do estado de pane, ou como uma manutenção curativa, que tem caráter definitivo. MONCHY (1987, p.37).

A escolha da manutenção corretiva com método pode ser justificada quando seus custos são mínimos, não acarretam problemas de segurança, não cria risco de grande paradas e impactos produtivos ou quando não se tem ação preventiva viável para aplicação.

Xenos (1998, p.23) nos orienta que

Mesmo optando pela manutenção corretiva para algumas partes menos críticas do equipamento, é preciso ter recursos necessários – peças de reposição, mão-de-obra e ferramental – para agir rapidamente, visando a redução de possíveis impactos da falha na produção. Há casos em que é vantajoso ter componentes montados em estoque para substituição rápida na área. O reparo do componente danificado poderá ser feito posteriormente pela oficina central ou por uma empresa terceirizada.

Podemos dividir a manutenção em dois tipos:

#### **2.2.1.1 Manutenção corretiva não planejada**

É a manutenção emergencial, “caracteriza-se pela atuação da manutenção em fato já ocorrido, seja este uma falha ou um desempenho menos do que o esperado. Não há tempo para preparação do serviço. Infelizmente ainda é mais praticada do que deveria. ” (KARDEC; NASCIF, 2009, p.39).

Essa manutenção traz diversas desvantagens e por não ser esperada pode acarretar grandes custos, seja por longas paradas de produção, perda de componentes da máquina, em uma linha produtiva acarretando o desabastecimento das demais máquinas do processo que estava operando normalmente, entre outras.

Quando uma empresa tem a maior parte de sua manutenção

corretiva na classe não planejada, seu departamento de manutenção é comandado pelos equipamentos e o desempenho empresarial da organização, certamente não está adequado às necessidades de competitividade atuais. (KARDEC; NASCIF, 2009, p.40).

### **2.2.1.2 Manutenção corretiva planejada**

A manutenção corretiva planejada é a "correção do desempenho menor do que o esperado ou correção da falha por decisão gerencial. [...] Geralmente se baseia na modificação dos parâmetros de condição observados pela manutenção preditiva."(KARDEC; NASCIF, 2009; p.41). (Figura 1).

Esse tipo de manutenção é executada após um planejamento e preparação, onde são estudados e negociados o melhor momento para execução de forma que cause o menor impacto possível na produção, permite também que seja realizada uma preparação prévia da atividade, como separar peças e ferramentas necessárias para execução da mesma, o que faz com que essa atividade seja realizada com maior segurança e qualidade.

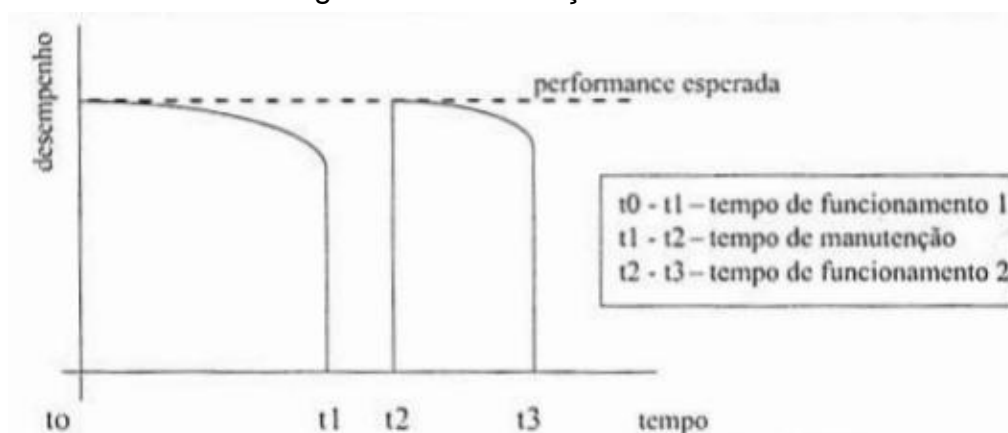
Ela pode ocorrer antes do equipamento vir a falhar ou por decisão ser executada após a quebra de um item, mas ainda assim será uma decisão baseada em dados e suas consequências serão mensuráveis e conhecidas e a atividade ainda será executada baseada em um planejamento.

A adoção de uma política de manutenção corretiva planejada pode advir de vários fatores:

- Possibilidade de compatibilizar a necessidade da intervenção com os interesses da produção.
- Aspectos relacionados com segurança – a falha não provoca qualquer situação de risco para o pessoal ou para instalação.
- Melhor planejamento dos serviços.
- Garantia da existência de sobressalentes, equipamentos e ferramentas.

- Existência de recursos humanos com a tecnologia necessária para a execução dos serviços e em quantidade suficiente, que podem, inclusive, ser buscados externamente a organização. (KARDEC; NASCIF, 2009, p.42).

Figura 1 – Manutenção corretiva



Fonte: Adaptado de Kardec e Nascif (2009, p. 41)

### 2.2.2 Manutenção Preventiva

“Manutenção preventiva é a atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha ou queda no desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo. “ (KARDEC; NASCIF, 2009, p.42).

Ao contrário da manutenção corretiva a manutenção preventiva busca evitar as falhas no equipamento. Sua periodicidade deve ser definida baseando-se em diversos fatores, como recomendações do fabricante, condições do ambiente onde estão instalados, condições de operação, histórico de falhas e manutenções, entre outros. A intenção é que esse período seja sempre menor que o intervalo de falhas do equipamento, para reduzirmos ao máximo a ocorrência de intervenções corretivas.

Em relação aos custos, se avaliado superficialmente as preventivas tem custos mais elevados, visto que muitas peças precisam ser trocadas antes que seja atingido o fim de suas vidas uteis, mas se bem executadas terá como consequência o

aumento da disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos, o que acarretará menos custos relacionados a paradas não programadas e indisponibilidade, custos esses que ao contrário dos relacionados a preventivas não podem ser calculados previamente.

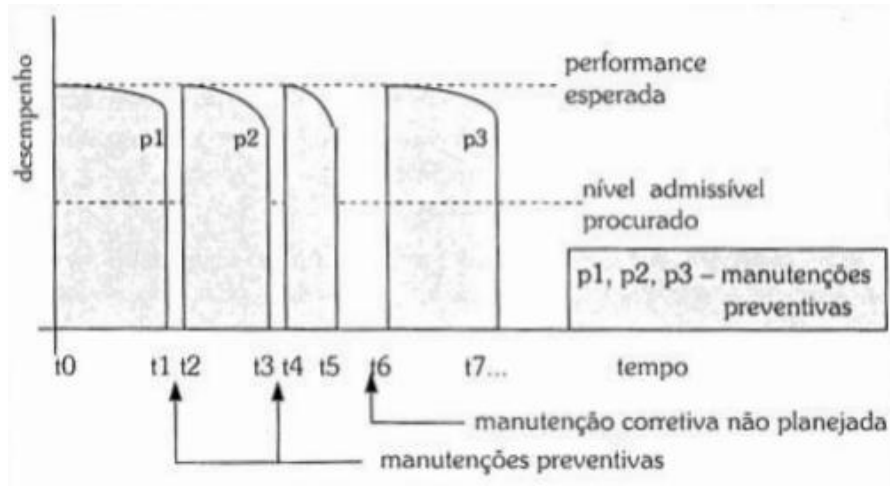
Muitas empresas criam planos preventivos e acreditam que os estão seguindo à risca, mas no momento da execução da preventiva acabam trabalhando na resolução de outros problemas que surgiram no equipamento e não dão a atenção devida e necessária para o que realmente deveria ser analisado naquela ocasião.

Kardec e Nascif (2009, p.43) (Figura 2) aponta que devemos adotar uma política de manutenções preventivas quando:

- Não podemos aplicar manutenção preditiva no equipamento para monitoramento de parâmetros e possíveis falhas;
- Itens que podem afetar a segurança pessoal, patrimonial ou ambiental e que torna obrigatória a substituição de peças;
- Em indústrias que possuem em suas instalações sistemas complexos e/ou contínuos como indústrias petroquímica, siderúrgica, automobilística.

A manutenção preventiva traz diversos benefícios, como a diminuição de falhas e intervenções corretivas, conhecimento prévio das ações o que permite boa condição de gerenciamento, custos com material, mão-de-obra e paradas podem ser pré-definidos, mas ela também pode gerar aspectos negativos como a introdução de falhas no equipamento provenientes de falha humana, defeito em peças sobressalentes, contaminação de fluidos, danos em paradas e partidas do equipamento e falhas nos procedimentos de manutenção.

**Figura 2 – Manutenção preventiva**



Fonte: Adaptado de Kardec e Nascif (2009, p. 43)

### 2.2.3 Manutenção Preditiva

A manutenção preditiva ou manutenção sob condição, pode ser definida como “ a atuação realizada com base na modificação de parâmetros de condições ou desempenho, cujo acompanhamento obedece uma sistemática. ” (KARDEC; NASCIF, 2009, p. 44).

Ela visa prolongar o máximo possível o tempo de operação dos equipamentos, espaçando as intervenções por parte da manutenção, ela é feita através do monitoramento de determinados parâmetros, que são realizados com a máquina em funcionamento e se através desse monitoramento forem detectadas variações que podem ocasionar futuras falhas suas correções são executadas por meio de manutenções corretivas programadas.

Os principais benefícios dessa técnica de manutenção são justamente o aumento da disponibilidade dos equipamentos e possibilidade de planejamento, quando se aproxima o fim da vida útil de determinado item começa-se o planejamento e preparação de uma intervenção da manutenção, essa análise prévia permite que decisões sejam tomadas de forma que atendam às necessidades da produção.

Com o avanço da tecnologia surgem equipamentos capazes de realizar monitoramentos bastante precisos, mas é necessário se ter cuidado com a análise dos

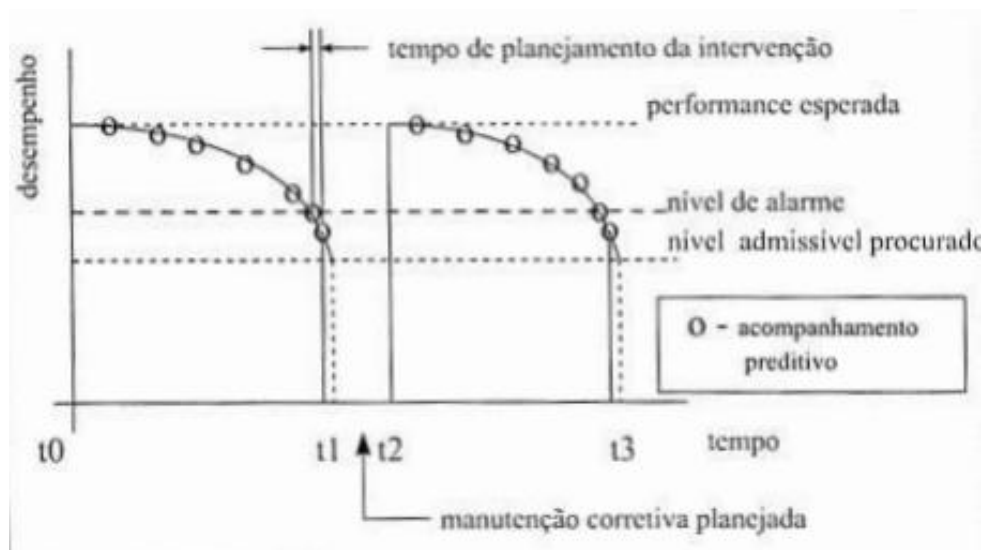
dados obtidos para que as decisões sejam tomadas assertivamente, algumas empresas destinam equipes com especialistas na coleta, análise dos dados e formulação de diagnósticos.

Para Xenos (1998, p. 25) as empresas devem adotar a manutenção preditiva pois ela é um método bastante simples e eficaz e que traz bons resultados. Por exemplo, monitorando a variação de vibração do equipamento podemos prever o momento de troca os rolamentos. Também é possível prever o momento de reformar componentes mecânicos analisando o óleo lubrificante.

Ou determinar o momento da substituição de componentes elétricos por meio de análise termográfica.

Para a manutenção preditiva ser adotada são necessárias algumas condições básicas, como por exemplo o equipamento, sistema ou instalação devem permitir algum tipo de monitoramento ou medição, deve merecer esse monitoramento para que não gere custos desnecessários, as causas de falhas devem poder ser monitoradas e acompanhadas, através de análises e diagnósticos sistematizados. (KARDEC; NASCIF, 2009). A Figura 3 mostra um gráfico da manutenção preditiva.

**Figura 3 – Manutenção preditiva**



Fonte: Adaptado de Kardec e Nascif (2009, p. 47)

### 2.2.4 Engenharia de Manutenção

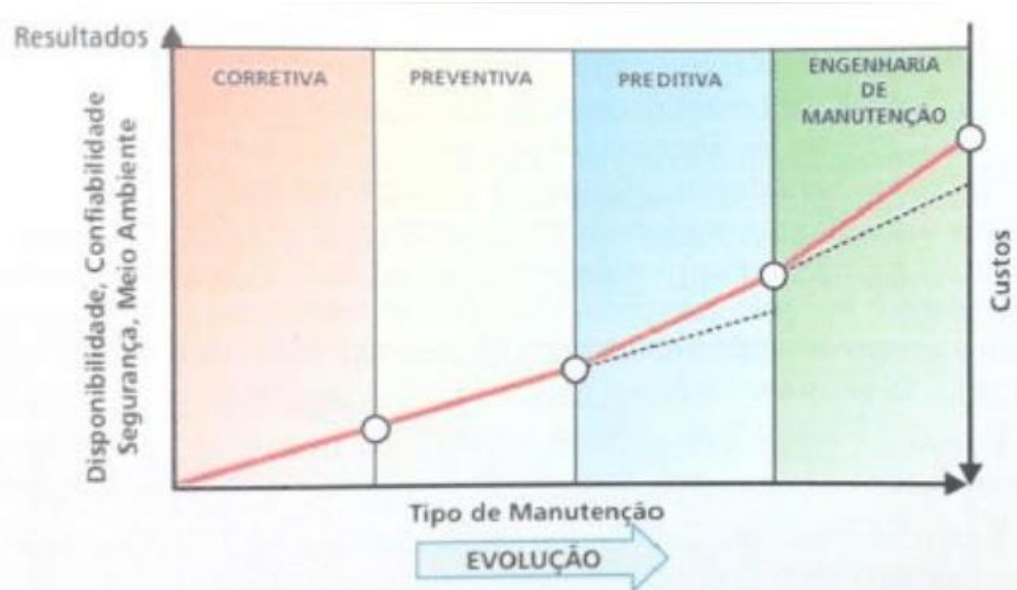
A engenharia de manutenção tem como objetivo apoiar tecnicamente a manutenção utilizando de técnicas modernas para alcançar resultados de primeiro mundo. Ela é considerada a segunda quebra de paradigmas na manutenção, sendo a primeira a manutenção preditiva, e dedica-se a consolidar rotinas e implantar melhorias, gerando mudanças culturais para a área. (KARDEC; NASCIF, 2009).

Para Kardec e Nascif (2009, p. 50) as principais atribuições da engenharia de manutenção são:

- Aumentar a confiabilidade.
- Aumentar a disponibilidade.
- Melhorar a manutenibilidade.
- Aumentar a segurança.
- Eliminar problemas crônicos.
- Solucionar problemas tecnológicos.
- Melhorar a capacitação do pessoal.
- Gerir materiais e sobressalentes.
- Participar de novos projetos (interface com a engenharia).
- Dar suporte à execução.
- Fazer Análise de Falhas e estudos.
- Elaborar planos de manutenção e inspeção e fazer sua análise crítica.
- Acompanhar os indicadores
- Zelar pela Documentação Técnica.



**Figura 4 – Evolução dos resultados da manutenção**



Fonte: Kardec e Nascif (2009, p. 51)

Na figura 4 acima, tem-se um gráfico que demonstra a evolução dos resultados da manutenção. Analisando, observamos uma melhoria contínua da manutenção corretiva para a preventiva, porém nos dois momentos de quebra de paradigmas, implantações da manutenção preditiva e da engenharia de manutenção nota-se um salto nos resultados obtidos no aumento da disponibilidade, confiabilidade, segurança e meio ambiente.

### 2.3 GESTÃO ESTRATÉGICA DE MANUTENÇÃO

A gestão estratégica surgiu devido à grande competitividade que passou a existir a partir da globalização, sendo a manutenção uma parte importantíssima do processo produtivo, fez-se necessária a aplicação da gestão estratégica também a essa área.

De acordo com Kardec e Nascif (2009, p.11)

A manutenção, para ser estratégica, precisa estar voltada para os resultados empresariais da organização. É preciso, sobretudo, deixar de ser apenas eficiente para se tornar eficaz; ou seja, não basta, apenas, reparar o equipamento ou instalação tão

rápido quanto possível, mas é preciso, principalmente, manter a função do equipamento disponível para a operação, reduzindo a probabilidade de uma parada de produção não planejada.

Pode-se dizer então que se assume uma visão onde “a manutenção existe para que não haja manutenção”, nesse caso a manutenção corretiva não programada, sendo assim necessário que os profissionais estejam melhores preparados e qualificados para “evitar falhas e não para corrigi-las”.

Outro ponto de muita importância é que sejam estabelecidas as corretas Missões da Manutenção e que as inúmeras ferramentas de gestão que hoje os profissionais de manutenção têm a sua disposição sejam utilizadas de maneira correta, para isso é importante que a frente das equipes não estejam mais chefes, mas sim líderes e acima de tudo gestores, dispostos a fazer com que todos esses conceitos possam ser aplicados da melhor maneira possível visando maior disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos e instalações da empresa onde está atuando, permitindo-a a alcançar novos patamares de competitividade (KARDEC; NASCIF, 2009).

## **2.4A INFLUÊNCIA DOS MOTORES NA ÁREA INDUSTRIAL**

Por conta de mudanças tecnológicas, a indústria foi aos poucos mudando, a tecnologia trouxe processos significativos para esta área, a manufatura, a informatização das máquinas, painéis que passaram a se tornar computadores, da mesma forma como operadores e profissionais da área industrial, tiveram que buscar a sua própria evolução, conhecimentos aprofundados na indústria para que pudessem crescer dentro desse mercado, aprendendo o manuseio de determinados equipamentos, agregando cada vez mais novas habilidades dentro do mercado de trabalho.

Com toda essa transformação, muitos empresários passaram a repensarem o processo de manutenção que ocorria dentro das empresas, por conta da eficiência desses equipamentos, surgindo também certa cobrança, não se tratava mais somente, de colocar em prática aquilo que as mudanças no mercado pediam, mais de trazer uma gestão eficiente para que esses equipamentos pudessem realmente ter um

bom efeito na mecânica, ou isto poderia trazer sérios prejuízos.

Na seção de manutenção da indústria, o motor elétrico é conceituado como um componente que, em longo prazo, é responsável pelo maior custo sobre os bens de consumo a que ele compõe, pois o custo com a energia elétrica é muitas vezes bem maior que o próprio valor do equipamento. Para que se possa compreender seu impacto na indústria e ter uma idéia do que isso significa, basta entender que na área industrial, os motores elétricos são responsáveis por quase 70% de toda energia elétrica consumida dentro de seus processos (ELETROBRÁS/PROCEL, 2015). A Figura 05, mostra uma bancada de manutenção de motores elétricos.

Figura 05 – Bancada de manutenção de motor



**Fonte:** ELETROBRÁS/PROCEL, 2015

A prevenção de fuga terra, desbalanceamento e o arrefecimento ideal dos motores passaram a ganhar uma vida útil, com isso surgiu também um consumo menor de energia a partir de esforços menores, isso fez com que grande parte desses consumidores, equipamentos importantes de uma indústria, possuam um desempenho adequado, analisando uma melhor visão de sua produção.

Por conta deste fato, os motores se tornaram os consumidores maiores dentro da própria indústria, um dos equipamentos para que as máquinas pudessem produzir de forma crescente e houvesse então a disponibilidade destes equipamentos.

### 2.4.1 Motores Elétricos

Para Melo (2017) para que se possa evitar que haja certo desgaste de forma excessiva entre o alinhamento correto do motor e o seu acionamento, a máquina elétrica rotativa, se torna submetida a um motor de indução por forças eletromagnéticas, mecânicas, que devem ser repartidas de forma simétrica, estando em boas condições, se torna como negligencia os desequilíbrios mecânicos que estão sempre presentes nas máquinas rotativas.

O uso de forma generalizada de motores elétricos, exige cada vez mais certa precisão, desde o diagnóstico de erros que podem ser cometidos futuramente, para que se previna e impeça de que eles voltem a acontecer, vindo comprometer a produção, elas se baseiam na análise dos padrões de falhas, geralmente na frequência do motor de indução, uma ferramenta que é utilizada cada vez mais por conta da sua segurança em detectar a distinção de diversos tipos de problemas que podem estar relacionados a estes motores.

O fundamento teórico básico desta técnica é baseado na capacidade de que as falhas, sejam elétricas ou mecânicas, têm de influenciar o fluxo magnético no entreferro do motor. Esta técnica é muito usada na manutenção preditiva devido à sua facilidade de uso e às suas características não invasivas (FONTES, CARDOSO E OLIVEIRA, 2016).

Estas técnicas avançadas que vem sendo desenvolvidas com o passar dos anos, possuem a vantagem de avaliar as 3 fases do motor, fugindo de partir de apenas uma fase técnica, permitindo que se realiza uma análise ainda maior.

Porém, Fontes (2016) ainda coloca que essas técnicas necessitam de alguns conhecimentos, como experiências, para que se possa distinguir, as formas de funcionamentos anormais, já que é possível entender que parâmetros de motorização resultam em outras fontes de variações na carga.

Por isso, a área de produção, têm certa experiencia em relação ao funcionamento destes equipamentos, entendendo as suas durações de parada e como influenciam o sistema produtivo, existem então alguns motores elétricos que contribuem para um potencial de manutenção contínua.

### 2.4.2 Falhas em motores elétricos

Lacunas podem identificar por exemplo, algumas falhas de equipamentos, buscando soluções após o conserto de falhas que podem ser detectadas, ao dar a diretriz de um equipamento motor, por conta do seu impacto em relação a disponibilidade de uma máquina, além de seu maior consumo de energia, pode-se levantar causas, em relação a indisponibilidade dos equipamentos.

A verificação em tempo real como função estratégica no contexto das organizações é fator preponderante e responsável direta pela disponibilidade dos ativos, tem importância capital nos resultados da empresa. Esses resultados serão tanto melhores quanto mais eficaz para a gestão da manutenção (OTANI; MACHADO, 2008).

Não se pode esquecer, que ao se tratar de motores, existem falhas comuns de origem mecânica que podem acontecer, que podem ter haver com o desbalanceamento, desalinhamento, eixo torto ou empenado, além de folgas mecânicas e o rolamento travado.

Esses pormenores devem ser vistos com um olhar mais acurado sobre o motor. Devido ao que são falhas involuntárias que podem ocorrer acaso não seja efetuada uma verificação em tempo hábil para garantir o bom funcionamento do equipamento.

As falhas por origem mecânica foram trabalhadas com outro procedimento que não se enquadra nesse enfoque. Este estudo somente abordará situações de origem elétrica que possam ser tratadas com equipamento fora de funcionamento.

Entre as falhas mecânicas que podem ocorrer, estão:

- Desequilíbrio – Um ponto mais pesado num componente rotativo que causa vibração quando esta massa roda em redor do eixo da máquina, criando uma força centrífuga que provoca desgaste acentuado de rolamentos e diminuição da eficiência energética.
- Desalinhamento – Forças elevadas geradas quando os eixos da máquina estão desalinhados. Como no desequilíbrio, esta falha causa um desgaste acelerado de rolamentos e acoplamentos gerais, resultando em energia desperdiçada.

- Desgaste – À medida que determinados componentes sofrem desgaste, como rolamentos ou correias, as suas propriedades alteram-se e levam a um acentuar da vibração. No caso de rolamentos, quando uma pista de rolamentos fica picada, as esferas de rolamento passarão nestas micro crateras e irão gerar vibração adicional.
- Montagem – No caso dos rolamentos é importante que estes fiquem justos nos flanges do motor. Qualquer vibração gerada será acentuada e poderá levar a um comportamento destrutivo.(MELO, 2017).

Existem falhas originadas também pela parte elétrica, que podem ser comuns em motores elétricos, assíncronos trifásicos, que se não forem encontradas e resolvidas podem trazer problemas no futuro, elas podem ser:

- Curto de espiras,
- Bobina curto-circuitada
- Curto na saída da ranhura
- Curto interior na ranhura
- Rotor travado
- Superaquecimento.

Então essas falhas, apesar de acabarem sendo conceituadas como sendo algo comum nos motores, podem ser prejudiciais, podem-se causar danos consideráveis, algumas dessas falhas podem ser de origem mecânica ou potencial, como as categorias que foram listadas acima.

A gestão possui uma importância fundamental, ela pode ser construída dentro da área industrial quando isto é feito de forma correta, podendo contribuir para que estes processos industriais possam auxiliar em uma série problemas que podem ser também de origem elétrica, por isso quando se tratam de motores, todo cuidado é pouco, já que falhas podem ocorrer em diversas esferas, a gestão da manutenção pode então auxiliar nesses casos a detectar fatores e erros recorrentes que podem acontecer ao se falar do mercado industrial, principalmente por conta desta automação e destes processos agilizados que tomam conta das empresas no contexto atual.

## 2.5 BOMBAS

Segundo o conceito de Gouvea (2008), são máquinas, que recebem energia de uma fonte motora, transformando-se em energia cinética, energia de pressão e por isso acabam por transferir o seu fluido bombeado, a sua utilização sempre têm a necessidade de precise aumentar a sua pressão, transportando pela sua tubulação de um ponto para o outro, a partir das condições de vazão e de pressão, transmitindo ao seu fluido bombeado, existe uma imensa classificação de bombas na indústria.

O autor Trarbach (2006) coloca que equipamentos podem receber energia de qualquer fonte motora, cedendo parte do seu fluido, sob a forma de uma energia de pressão ou sinética, já na indústria do petróleo existe uma importância fundamental para estes equipamentos, após os motores elétricos, as bombas se tornam os equipamentos rotativos que estão em maior quantidade dentro da área industrial, o campo dessa aplicação das bombas se torna bem vasto, sendo que em uma plataforma de petróleo, os principais serviços que envolvem as bombas são: Injeção de água, exportação de óleo, transferência, captação da água do mar e combate ao incêndio, mais existem outros tipos de aplicação que também são muito utilizadas.

### 2.5.1 CLASSIFICAÇÃO DAS BOMBAS

As bombas nas indústrias, podem ser classificadas pela aplicação ou pela sua forma em que a sua energia é cedida ao fluido, os dois grandes grupos de bombas que são as turbo bombas e as bombas centrífugas.

Para Matos (1998) As turbo bombas são aquelas que impelem energia ao fluido através do movimento rotativo do impelidor, órgão responsável pela transferência de energia cinética ao fluido.

O segundo grupo de bombas são as volumétricas, ou de deslocamento positivo. Basicamente, a energia é transmitida ao fluido sob forma de pressão, já que o órgão impulsor da máquina “empurra” o fluido contra uma pressão mais elevada imposta pelo sistema.

Ele acrescenta que as bombas centrífugas a energia é transferida ao fluido,

através da rotação do eixo, onde o motor é montado, a partir de certo número de pás e palhetas, a geometria do motor e as suas palhetas podem caracterizar o tipo de bomba centrífuga que se trata, influenciando a forma como a energia pode ser transferida ao fluido, na sua direção em relação a saída do motor, para o autor, essa vazão depende também das características construtivas e daquelas aonde o sistema onde ela está operando é encontrado.

Para que se compreenda as bombas centrífugas elas podem ser inseridas em um sistema de bombeamento, onde se torna necessário que apresentem-se as suas curvas, deve haver então um determinado equilíbrio entre o head que demanda uma determinada vazão, de acordo com aquilo que a bomba pode oferecer neste caso, o ponto de operação será um cruzamento das suas curvas, do sistema e da bomba.

O autor coloca também que se deve observar a vazão com a qual a bomba pode operar dependendo do sistema na qual ela se encontra inserida, permitindo uma flexibilidade operacional, entendendo-se que uma vez ao mudar a curva de um sistema, transforma-se também a vazão e a diferença de pressão da bomba, porém existem também outras formas de ocorrer esta alteração no sistema, a principal delas é a atuação das válvulas, para que haja a descarga de bombas, não se torna somente um método que seja energeticamente eficiente, mas que ao restringir a válvula essa parte de energia que estiver cedida ao seu fluido, se perde na forma de calor e vibração da bomba.

As bombas centrífugas têm como princípio de funcionamento a criação de duas zonas de pressão: uma de baixa pressão na sucção e outra de alta pressão na descarga (recalque). Na partida é necessário que a carcaça da bomba e tubulação de sucção estejam totalmente preenchidas com o líquido a ser bombeado. O enchimento da carcaça da bomba e a tubulação de sucção é chamado de escorva. O movimento rotativo do rotor faz com que as partículas de líquido sejam impulsionadas para fora. Esse movimento centrífugo cria um “vácuo” na entrada (baixa pressão) e um “acúmulo” na saída (alta pressão) pela redução da velocidade com o aumento de volume na carcaça, no difusor ou pás difusoras. (GOUVEA, 2008).

As bombas centrífugas podem apresentar também alguns erros e problemas operacionais, que são muito comuns na indústria, porém o entendimento dessas falhas para o melhor desenvolvimento da manutenção preventiva.



Gouvea (2008) também explica que um dos principais erros nesta questão são as perdas hidráulicas: São perdas de energia acontecem por conta da interação entre o fluido e os internos da bomba.

Existe também a cavitação, um fenômeno conhecido, no qual a pressão de sucção das bombas acaba ficando baixa e permite que o fluido bombeado possa vaporizar, se encaminhando para as regiões de pressão mais elevadas, com vibração nas bombas, por conta do colapso das bolhas.

Outros fenômenos citados por Gouvea são:

- A Instabilidade hidráulica. Este fenômeno é caracterizado pelo surgimento de recirculações internas (vórtices) em regiões internas ao impelidor até a sua saída e em pontos de quase estagnação, como as costas do impelidor e a carcaça.
- Desbalanceamento. Este problema ocorre quando o eixo principal de inércia do rotor não coincide com a sua direção de rotação. Todas as máquinas apresentam desbalanceamentos, sendo a questão principal identificar qual o nível tolerado pelo seu projeto.
- O eixo empenado: principal sintoma apresentado por uma bomba com eixo empenado é o aumento de vibração global da máquina, que é bastante alta na direção axial do eixo.

Existe também o desalinhamento, um dos defeitos mais comuns que são encontrados na indústria, quando o desalinhamento apresenta vibrações elevadas em algumas direções, podendo apresentar aquecimentos de mancais, principalmente quando o desalinhamento é caracterizado do tipo paralelo.

Já a ressonância, é um fenômeno que acontece, através de uma força que excita a frequência natural do rotor aumentando a vibração global com o espectro de rotação da máquina.

Todos esses tipos de detalhes, relacionados com as possíveis falhas, deverão ser analisados através de controles, como: FMEA, Pareto, Ishikawa, e outros e serem monitorados por um sistema de Gestão estruturado.

## 2.6 A GESTÃO DE MANUTENÇÃO

A origem da manutenção ocorre do vocabulário dos militares, na qual era possível manter, dentro das principais unidades de combate, um material em um nível constante, o surgimento desta palavra dentro da indústria aconteceu no ano de 1950, quando nos Estados Unidos da América, com conceitos um pouco diferentes:

A finalidade da manutenção é permitir confiabilidade de capacidade a uma planta industrial. E seguindo este raciocínio, o autor aqui conclui que, é preferível investir em equipamentos que cada vez menos necessitem de intervenção, ao invés de se adotar uma política que busque ser eficiente na reação e reparo. (PALMER, 1998 opcitPIRES, 2005, p. 21).

Muitos autores consideram a importância da manutenção, principalmente para a geração de lucro por parte da organização, influenciando na economia em seu contexto mundial, porém no passado era algo mais voltada para os serviços de rotina.

No passado, os aspectos mais conhecidos da manutenção caracterizavam-se como sendo de serviços repetitivos e de rotina, pura troca de peças, pouca técnica, improvisações e emergências. Contudo devido a sua elevada influência no 'downtime' - parada de máquinas, durante a produção, por causas gerenciais e técnicas, vem sendo vista com novos olhos (RAMOS, 2009, p. 18).

Algo também que se torna muito relevante para uma empresa, é a redução do desempenho de um equipamento, que acaba reduzindo desta forma também, a qualidade e conseqüentemente também da produtividade, porém com uma gestão adequada de políticas de manutenção, pode-se garantir essa eficiência dentro dos equipamentos, porém a falta destas políticas pode trazer sérias conseqüências, trazendo paradas e sérios problemas.

A manutenção, porém, possui outros benefícios, ela pode demonstrar mais segurança, não gerando tantos prejuízos financeiros, evitando acidentes de trabalho entre os operários e o risco de acidentes, sendo um ponto positivo para as próprias leis trabalhistas das organizações.

Nas Indústrias, hoje caracterizadas por unidade de grande volume de produção e de alta complexidade, dotadas de sistemas sofisticados

de automação, impõe-se, com grande acuidade, a necessidade de conhecer e controlar as possibilidades de falhas, parciais ou globais, que possam comprometer, além de certos limites, a missão produtiva. As perdas operativas traduzem-se aqui por elevados prejuízos econômicos para a empresa e para o país (MANUT, 2011).

As atividades de manutenção podem estar presente sem ações como a conservação de objetos, pequenas atividades de reparo entre outras utilizações, desde os primórdios das civilizações.

A manutenção acompanha as evoluções técnico-industriais da humanidade e se desenvolveu conforme as mudanças sociais, até a criação de um perfil de mercado.

No final do século XIX, houve uma mecanização das indústrias, e a partir das diversas modificações que ocorreram, surgiu a necessidade dos primeiros reparos, de maneira mais próxima ao que conhecemos hoje.

Segundo Tavares (2014), até 1914, a Manutenção era renegada a segundo plano sendo executada pelo mesmo efetivo de operação, não havia nenhuma divisão de conhecimento ou responsabilidades.

Dentro desse processo, a automação industrial começa na década de 1920 com Henry Ford e sua linha de montagem de automóveis, que demandou sistemas de manutenção mais ágeis e eficazes (FILHO, 2008).

Apesar de haver esse salto de modernidade, nesse momento era mais comum consertos após falhas e eventual indisponibilidade de máquina. Com o passar do tempo, as pressões sociais aumentaram a demanda por todo tipo de produtos; houve forte aumento da mecanização e também aumentou a complexidade das instalações industriais pensando em maior produtividade para atender às novas demandas (FILHO, 2008 p.12).

Evidentemente também foi aumentando a confiança nas máquinas. Posteriormente, nos anos de 1960 assistimos ao desenvolvimento da microeletrônica, o que possibilitou o desenvolvimento dos CLP's (Controladores Lógicos Programáveis), que substituíram os painéis de controle com relés.

Na década de 1990, encontramos os novos sistemas de supervisão e controle, desenvolvidos especialmente com o objetivo de obter maior produtividade, qualidade e competitividade para esta nova realidade (TAVARES, 2005).

Com o surgimento da Segunda Guerra Mundial funcionou como um período importante pois, aumentou muito o pensamento de que era necessário uma produção mais ágil, mas confiável ao ponto de poder ser executada com tranquilidade.

Não sendo mais tão interessante realizar a manutenção apenas após a quebra do equipamento. É nesse momento que surge a necessidade da manutenção preventiva (Tavares 2005).

A manutenção preventiva, pode ser conceituada como, uma maneira de prevenir ou evitar a quebra e paradas das máquinas através da tomada de providências antecipadas, em outras palavras “manutenção preventiva é uma intervenção de manutenção prevista, preparada e programada antes da data provável do aparecimento de uma falha (TAVARES, 2005).

Com esta reflexão, insere o aprofundamento do assunto, pois corroboro com Vianna (2008), “manutenção preventiva é uma série de procedimentos, ações, atividades ou diretrizes que podem”, estas podem ou não, ser adotados para se evitar, ou minimizar a necessidade de manutenção corretiva.

E ainda diz que, “adotar a manutenção preventiva significa introduzir o fator qualidade no serviço de manutenção.” É nesse ponto que o uso dos sistemas supervisórios aparece como solução.

Com sua implantação, o controle dos processos de planejamento das paradas e dos serviços necessários torna-se automatizado, facilitando a tomada de decisão por parte do gestor.

Para Wyrebski (1997), há vantagens e desvantagens na Manutenção Preventiva. Algumas das vantagens citadas são; o poder de assegurar a continuidade do funcionamento das máquinas parando apenas para reparos em horas programadas e facilidade para a empresa cumprir seus planos de produção.

As desvantagens enumeradas pelo autor incluem a necessidade de um programa bem montado, de uma equipe de mecânicos bem treinados e um plano de manutenção. É nesse momento que o sistema de automação precisa ser inserido numa plataforma moderna, no sentido de acompanhar as ideias tecnológicas visando uma melhoria na função e no tempo.

Ao trazer aqui esse pequeno histórico, tenho a intenção de frisar que o foco no controle e prevenção de falhas passou a fazer parte do cotidiano da equipe de manutenção com o passar do tempo e diversas avaliações de necessidades, e trouxe bons resultados em termos de aumento da confiabilidade e disponibilidade de máquinas e equipamentos, diminuição dos riscos de segurança e saúde do trabalhador. E tais resultados é que permitiram que novas ideias fossem sendo implantadas.

Entre os diversos períodos que a manutenção passou para chegarmos ao patamar atual, destaco que a partir de 1980, com desenvolvimento dos microcomputadores, houve uma maior independência no que se refere às equipes de manutenção e estas puderam aplicar ideias e programas próprios e específicos, com isso “houve grande aproximação de diversas áreas, que buscaram trabalhar com sinergia para otimizar qualidade e produtividade Melendez et al. (2001).

“Em linhas gerais, pode-se afirmar que toda evolução tecnológica dos equipamentos, processos e técnicas de manutenção, a necessidade de controles cada vez mais eficientes e de ferramentas de apoio à decisão, o desenvolvimento de estudos relativos ao desgaste e controle das falhas e suas consequências, a dependência de equipes treinadas e motivadas para enfrentar estes desafios, o desenvolvimento de novas técnicas, e, conseqüentemente, os custos de manutenção em termos absolutos e proporcionalmente às despesas globais, transformaram a gestão da manutenção em um segmento estratégico para o sucesso empresarial”. NUNES & VALLADARES (2008, p. 4).

Em síntese, a história da manutenção pode ser dividida em três processos principais, o primeiro processo, foi o que antecedeu a 2ª Guerra Mundial, e que acabou ficando conhecido como manutenção da primeira geração, onde a disponibilidade dos equipamentos e a preocupação pela prevenção das falhas não era prioridade (MOUBRAY, 2003), segunda etapa que iniciou na década de 1950, onde o pós-guerra gerou crescente demanda por produtos impulsionando a mecanização das indústrias, e o terceiro processo iniciado lá pela década de 1970, onde buscou-se novas maneiras de maximizar a vida útil dos equipamentos produtivos, e houve uma maior confiança na utilidade dos maquinários, e também um maior cuidado. Nas últimas décadas, os processos transformativos são mais rápidos e profundos, certamente incentivados pelo aumento da competitividade e desenvolvimento tecnológico que caracterizam a atualidade.

Com estas novas mudanças os equipamentos requerem maior preocupação tornando-se um desafio complexo o ato de manutenção implicando em grandes transformações nos sistemas de manutenções e a um novo enfoque sobre a organização da manutenção.

Ainda é possível entender como sendo necessário pontuar os tipos básicos de manutenção, para que fiquem evidentes as maneiras usuais de trabalho, pois conforme Brito (2003), a manutenção pode ser definida como “o conjunto de ações que permitem manter ou controlar o estado original de funcionamento de um equipamento ou bem”.

Uma das formas de otimizar o processo de produção, evitando as paradas não programadas para executar manutenção emergencial é a implantação de programas supervisórios. Seguindo nessa linha, de acordo com as normas da ABNT (NBR 5462/1994), a manutenção é:

Operação: Combinação de todas as ações técnicas e administrativas destinadas a permitir que um item cumpra uma função requerida, reconhecendo-se a necessidade de adaptação na ocorrência de mudanças nas condições externas.

Desta forma, a sua principal função é manter em ordem o funcionamento dos equipamentos através de intervenções corretas e oportunas. Mesmo assim, quando se fala em manutenção industrial, em geral o que se pensa é em gastos.

Siqueira (2005) aponta diversos tipos de manutenção, no que se refere o recorte deste trabalho, aprofundar um pouco mais na questão da manutenção preventiva, porém apresento aqui alguns tipos de manutenção a fim de compreensão complementar.

A manutenção corretiva, como dito anteriormente, foi a primeira forma identificada de realizar a manutenção e pode ser caracterizada de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) de 1994 como

“Manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane, destinada a colocar um item em condições de executar a função requerida”. Este tipo de manutenção é uma conduta adotada em momento de emergência e por equipes de manutenção que trabalham com a filosofia de “apagar incêndios”. (ABNT 1994).

Já a manutenção preditiva é um tipo de ação preventiva baseada no conhe-

cimento 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.

Saber caracterizar os tipos de manutenção, valoriza tanto a responsabilidade sobre o trabalho, e também diminui o tempo de trabalho além de ser mais pontual nas ações a serem definidas e executadas.

Nesse sentido, destaco as ideias difundidas pela manutenção preventiva, que considero necessitar de uma maior atenção nesse momento, porém o tipo de manutenção que é mais conhecido é a manutenção preventiva.

A manutenção preventiva pode ser vista como uma intervenção técnica no equipamento, podemos dizer que ela é voltada para evitar que a falha ocorra, através de manutenções em intervalos de tempo pré-definidos. Esse tipo de manutenção é necessário pois, “todos os programas de gerência de manutenção preventiva assumem que as máquinas degradam com um quadro típico de sua classificação em particular” (ALMEIDA 2000, p.3).

Essa proposta visa antever a quebra do equipamento de forma a manter sua disponibilidade total para produção. Esse tipo de manutenção para ser eficiente, necessita que seja desenvolvido um escopo onde são definidos alguns critérios para a intervenção.

Esses critérios podem ser reconhecidos ao avaliar a intensidade de uso do equipamento, respeitando a particularidade de cada um. A partir desse exposto, evidencio que planejar a manutenção é a etapa mais importante de todo o processo, e para isso é necessário um conhecimento do histórico de funcionamento do equipamento.

Esses dados então eram utilizados para determinar o tempo provável em que ocorrerá a falha, pois se sabe que esta poderá ocorrer, mas não se pode determinar exatamente quando.

Desta forma, entra no processo a gestão da manutenção, como etapa muito

importante do processo de controle e cuidado. A gestão de manutenção, objetiva principalmente, levantar o histórico para elaborar e melhorar esses processos pensando em resultados positivos a ser alcançados.

Utilizando esse método de gestão, elimina-se a quebra de máquinas, o que implica em custos de operação que hoje em dia colocam uma fábrica em último lugar na corrida pela competitividade. Finalizando, a manutenção preventiva, é essencial para a implementação de bombas e motores, além de sua experimentação.



### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 INTRODUÇÃO**

Para que se possa alcançar os resultados esperados em relação ao objetivo e o problema de pesquisa, serão utilizadas pesquisas bibliográficas, visando estabelecer critérios para avaliação de maturidade e aperfeiçoamento do sistema de gestão da manutenção.

Para isso, será realizado o estudo, a partir de artigos, periódicos, textos acadêmicos, livros, entre outros conteúdos que poderão auxiliar na construção da argumentação em torno do tema.

A área de Planejamento e Controle da Manutenção é responsável por boa parte do sucesso do setor de manutenção. Não querendo tirar o mérito das demais áreas, muito pelo contrário. O sucesso do setor de manutenção não depende de uma área exclusiva, mas de uma soma de esforços entre Planejamento e Controle da Manutenção, Manutenção Mecânica, Manutenção Elétrica, Instrumentação, Usinagem, Caldeiraria, e demais áreas. Porém, o Planejamento e Controle de Manutenção estão presentes em todos os processos de manutenção e colabora bastante para que tudo saia da melhor forma possível.

#### **3.2. O Estado da Arte para os Modelos de Gestão da Manutenção**

##### **3.2.1 Modelo Terotecnológico Básico.**

Conforme Parkes (1970), Este modelo foi criado para obter o feedback das informações produzidas nos vários estágios do ciclo de vida dos sistemas mantidos. Todos os feedbacks nos diferentes estágios vão para os projetistas.

A Figura 6 apresenta o modelo expandido para a coleta de dados, a análise e a otimização dos programas de manutenção, a serem realizadas durante a fase operacional e enfatiza a necessidade da análise dos efeitos e causas dos modos de falha, do teste de novos projetos e do treinamento de operadores e mantenedores. O

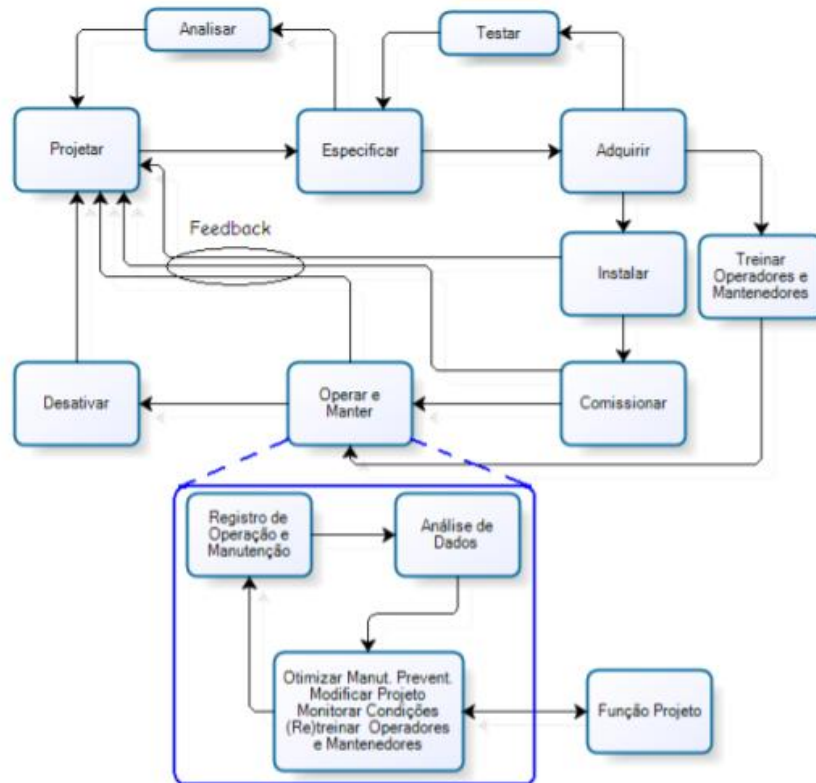
Modelo Terotecnológico Básico foca a gestão da manutenção baseada no custo ao longo do ciclo de vida, o que pode ser representado conforme a Figura 7.

A análise no ciclo de vida calcula o custo de sistemas ao longo de toda a sua vida, partindo dos gastos de desenvolvimento (pesquisa, planejamento, projeto), passando pelos de implantação (aquisição, construção e montagem) até os de operação, manutenção e por fim o de desativação dos ativos. Neste modelo, a gestão da manutenção tem como principal meta a minimização do custo global no ciclo de vida dos sistemas por ela mantidos.

### 3.2.2 Modelo Terotecnológico Avançado

A evolução da Terotecnologia a partir do modelo baseado no custo ao longo do ciclo de vida para o baseado no lucro permitiu a função Manutenção ser vista como contribuinte para os resultados ao invés de ser apenas uma área geradora de despesas. Para analisar o lucro gerado, torna-se necessário conhecer os efeitos da atuação da manutenção sobre a qualidade dos produtos, sobre a disponibilidade para a produção e sobre a capacidade de rapidamente se renovarem os sistemas pelo uso de equipamentos com melhor relação benefício-custo e assim consolidar a vantagem competitiva das organizações industriais. Para a implementação deste modelo são necessários sistemas de Tecnologia de Informação e Comunicação suficientemente integrados, para dar conta das demandas de informações instantâneas, detalhadas e inequívocas com as quais se alimentem os modelos matemáticos e outros procedimentos orientadores de decisão, previsões, simulações e cálculos.

Figura 6. Terotecnologia – Conceitos básicos



Fonte : Adaptado de Sherwin (2000)

Figura 7. Análise do Custo no Ciclo de Vida



Fonte : Adaptado de Márquez et al (2009)

### 3.2.3 O Modelo da Universidade de Tecnologia de Eindhoven

Este modelo foi criado para ampliar o proposto pela Terotecnologia, dando foco aos processos tradicionais de manutenção, particularmente a sua programação,

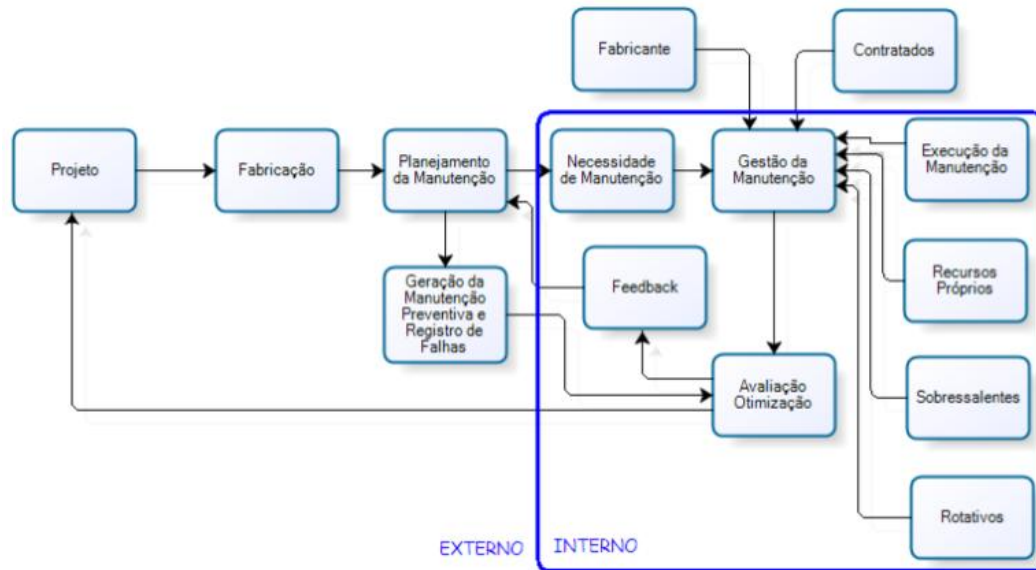
tratando-a de modo mais científico. Propõe a coleta, a análise dos dados e a utilização de modelos apropriados de Pesquisa Operacional, para então aperfeiçoar o tipo e os intervalos de manutenção adotados. Segundo Sherwin (2000) o modelo proposto descreve quatorze funções da manutenção, apresentando a mesma como uma área que faz uso de terceirização e do suporte da gestão global da companhia. Adota uma visão de engenharia de sistemas onde a manutenção é tratada como um conjunto de processos inter-relacionados, com seus resultados afetados pelo planejamento e controle, como descrito na Tabela 2 e apresentado na Figura 8.

Tabela 2. Modelo da Universidade de Eindhoven.

Funções da Manutenção	Principais Atividades e Decisões
1) Sistemas Técnicos	Registro dos Ativos, Controle de Configuração, Integração
2) Recursos Internos	Centralização, Terceirização, Treinamento e Capacitação,
	Envolvimento dos Operadores
3) Recursos Externos de Empresas Contratadas	Habilidades especiais e equipamentos, Demanda, Custos,
	Responsabilidade e Comprometimento
4) Recursos Externos da Gestão Global da companhia	Dependência da gestão global da companhia. Feedback.
5) Planejamento e Controle da Manutenção (P&C)	Manutenção Planejada, Integração, Supervisão, Revisões e
	Paradas, Análise do caminho crítico
6) Controle de estoques de consumíveis e sobressalentes	Logística de materiais, custo do tempo de espera.
7) P&C de equipamentos rotativos (conjuntos inteiros mantidos em estoque para reduzir a indisponibilidade)	Estados de modificação, Fronteiras dos módulos, Internalização
	e Contratação
8) Avaliação dos resultados	Mudanças nos Programas, Métodos, Organização, Política
9) Feedback Terotecnológico	Melhoria da próxima geração dos sistemas técnicos.
10) Metodologia de Projeto de Sistemas	Checklists, Análise de Causas e Efeitos dos Modos de Falha
11) Especificação de Sistemas Técnicos	Seleção de novas máquinas visando evitar problemas antigos
12) Projeto de Sistemas Técnicos	Dados de projeto, desenhos, informações como usuário.
13) Fabricação de Sistemas Técnicos	Participação da Manutenção no Controle de Qualidade
14) Conceituação de Manutenção para Sistemas Técnicos	Determinação de recursos, alterações, esforços e intensidade de uso e de como os dados devem ser coletados.

Fonte : Adaptado de Sherwin (2000)

Figura 8. Modelo da Universidade de Eindhoven



Fonte : Adaptado de Sherwin (2000)

### 3.2.4 Qualidade Total na Manutenção (ou TQMmain do inglês Total Quality Maintenance)

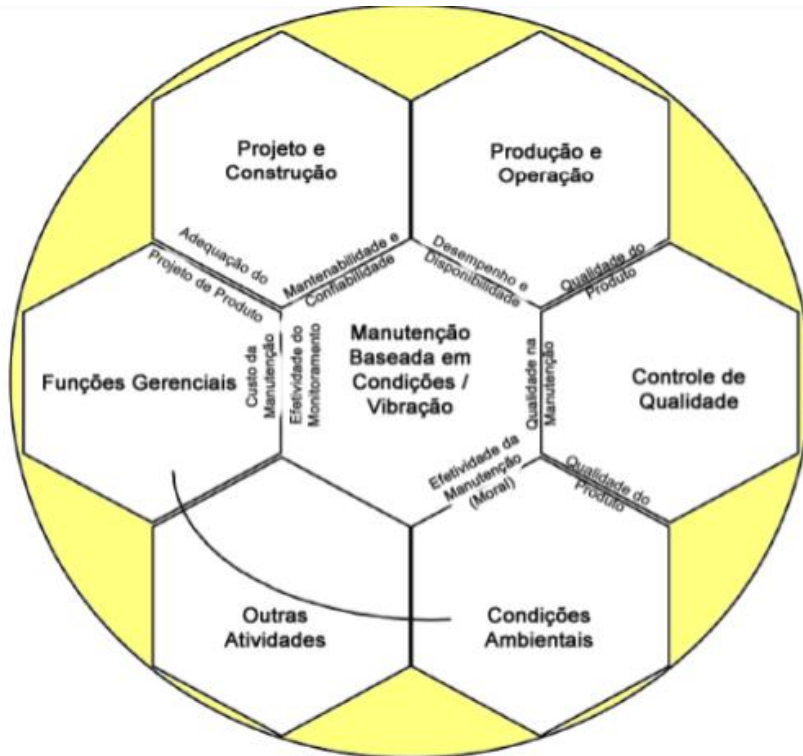
Conforme Sherwin (2000) este modelo é baseado no ciclo de Deming (também denominado ciclo PDCA do inglês Plan-Do-Check-Act ou Planejar-Executar-Verificar-Atuar). Objetiva-se utilizar o máximo possível da vida útil de cada parte dos sistemas produtivos sujeitas a desgaste, para maximizar a disponibilidade e minimizar as perdas de produção e de qualidade devido às interrupções, pelo uso de técnicas de monitoramento de condições, com destaque para a análise de vibração. Como os custos de monitoramento têm diminuído com o passar do tempo, este método ganhou considerável espaço nas organizações.

A TQMmain também propõe que a manutenção deve estar alinhada com a produção e ser planejada em conjunto. A manutenção preventiva, quer baseada no tempo ou na condição, deve ser programada para evitar sua execução em períodos de produção plena e os programas de produção devem incorporar tempo para a manutenção essencial, para sustentar a qualidade e minimizar as perdas com a parada total da planta.

Segundo Al-Najjar (1996) a TQMmain destaca a importância relativa dos fatores a serem considerados no estabelecimento da política de manutenção apresentando-os na forma da Figura 9. Destacam-se os conceitos associados a mantenedibilidade,

confiabilidade, disponibilidade, produtividade, qualidade, eficácia e custos da manutenção.

Figura 9. A “bola de futebol” do TQMMain



Fonte: Sherwin (2000)

### 3.2.5. A Filosofia de Kelly

Kelly pesquisou e realizou consultorias em manutenção durante muitos anos e escreveu diversos livros sobre o gerenciamento da função manutenção (KELLY e HARRIS, 1978; KELLY 1984; 1989). O mesmo considera a manutenção como o controle da confiabilidade. Sua abordagem geral baseia-se nos seguintes passos:

- 1) Definir a função do sistema da manutenção dentro da organização;
- 2) Definir os seus objetivos;
- 3) Estabelecer a estratégia da manutenção;
- 4) Prever como os equipamentos serão usados;
- 5) Definir a carga de trabalho da manutenção;
- 6) Indicar a estrutura dos recursos, inclusive mão-de-obra;
- 7) Estabelecer o sistema de planejamento e de controle de tarefas construído em torno dos recursos;
- 8) Estabelecer a influência do sistema administrativo e de tomada de decisão;

9) Controlar a manutenção para assegurar que o sistema trabalhe para atingir seus objetivos;

10) Estabelecer um sistema de documentação, necessário e entendido como vital para a operação do sistema geral de gestão da manutenção.

### 3.2.6 Manutenção Produtiva Total (ou TPM do inglês Total Productive Maintenance)

A TPM considera o fato de que a deterioração de máquinas é acelerada pela operação abusiva e falha nos cuidados primários, tais como lubrificação, reaperto e limpeza, ações que podem ser efetuadas pelos próprios operadores. Os esforços dos operadores podem retardar as necessidades de manutenção preventiva e certamente falhas onerosas e desnecessárias irão ocorrer se estas ações não forem feitas. Um estudo de caso relativo à implementação da TPM numa indústria de produção contínua, foi apresentado por Biasotto (2006), abordando os oito pilares fundamentais sobre os quais se edificam os sistemas de gestão da manutenção baseados na Manutenção Produtiva Total, conforme segue:

1) O Pilar de Melhoria Focada foca o conceito de manutenção de melhoria para atuar nas perdas crônicas relacionadas aos equipamentos;

2) O Pilar da Qualidade Progressiva refere-se à interação da confiabilidade dos equipamentos com a qualidade dos produtos e capacidade de atendimento à demanda;

3) O Pilar da Manutenção Autônoma, também denominado de Gestão Autônoma, trata especificamente do treinamento teórico e prático que devem ser recebidos pelos trabalhadores, focando-os no espírito de trabalho em equipe para a melhoria contínua das rotinas de produção e manutenção;

4) O Pilar da Manutenção Planejada refere-se às rotinas de manutenção preventiva baseadas no tempo ou na condição do equipamento, visando a melhoria contínua da disponibilidade e confiabilidade além da redução dos custos de manutenção;

5) O Pilar de Educação e Treinamento corresponde à aplicação da capacitação técnica e comportamental para a liderança, a flexibilidade e a autonomia das equipes;

6) O Pilar de Gestão Antecipada baseia-se no conceito de prevenção onde

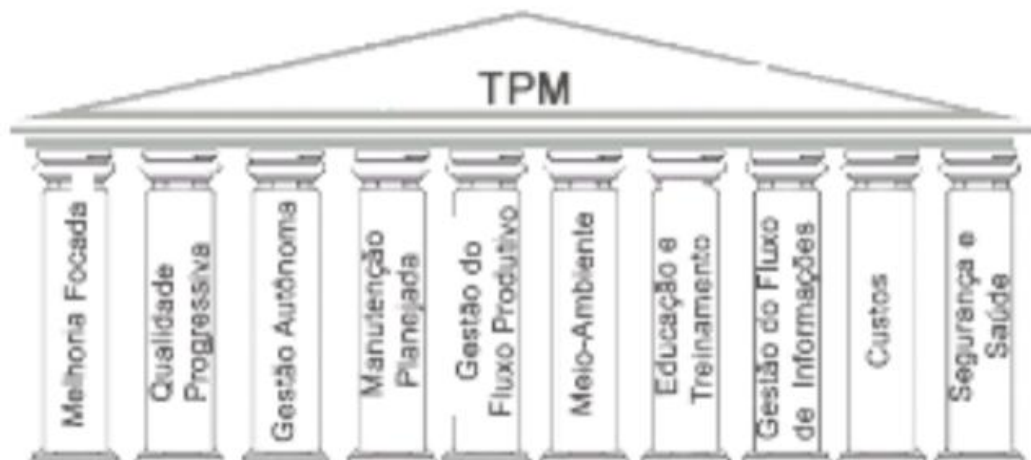
todo o conhecimento histórico da manutenção é utilizado já no projeto de novos equipamentos para que sejam construídos em melhores condições de confiabilidade e de manutenibilidade;

7) O Pilar de Segurança, Saúde e Meio Ambiente tem o enfoque na melhoria contínua das condições de trabalho, preservação do meio-ambiente e na redução dos riscos à segurança e à saúde;

8) O Pilar da Melhoria dos Processos Administrativos utiliza os conceitos de organização e eliminação de desperdícios nas rotinas administrativas, que de alguma maneira acabam interferindo na eficiência dos equipamentos produtivos e processos.

Biasotto (2006) apresentou o pilar de Segurança, Saúde e Meio-Ambiente dividido em dois e o pilar de Melhoria de Processos Administrativos nos de Gestão de Fluxos de Informações e de Custos, conforme ilustrado na Figura 10.

Figura 10. Pilares do Programa TPM



Fonte : Adaptado de Biasotto (2006)

### 3.2.7 Manutenção Centrada em Confiabilidade (ou RCM do inglês Reliability Centered Maintenance)

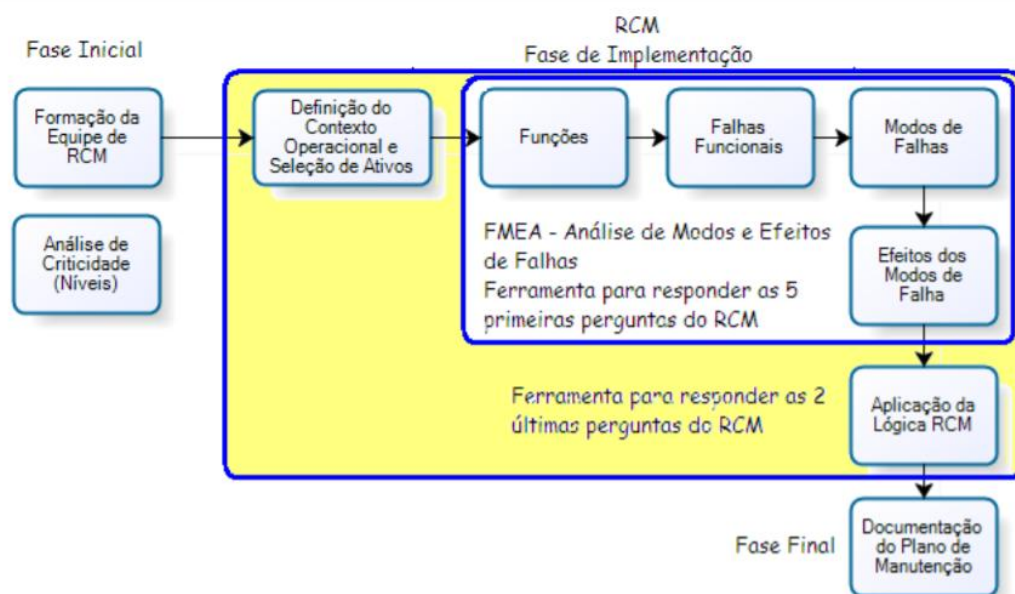
O RCM estabelece as ações de manutenção requeridas por um ativo no seu contexto operacional, com o objetivo de definir o que deve ser feito para assegurar que ele continue a fornecer as suas funções pretendidas.

Márquez et al (2009) sumarizam o processo do RCM nas etapas apresentadas



na Figura 11. Na fase inicial, forma-se uma equipe para a análise de criticidade dos equipamentos e instalações. Na fase de implementação define-se o contexto operacional, selecionam-se os ativos, identificando as funções dos mesmos, os modos e os efeitos das falhas associados. Em seguida utilizam-se técnicas e ferramentas de gerenciamento do risco tais como a Análise de Efeitos e Modos de Falha e Árvores de Decisão para então selecionar tarefas de manutenções preventivas aplicáveis e efetivas, as quais devem ser compor o plano de manutenção.

Figura 11. Processo de Implementação do RCM



Fonte: Adaptado de Marquéz et al (2009)

### 3.2.8 Manutenção Baseada em Risco (ou RBM do inglês Risk Based Maintenance)

Segundo Kauer et al (2002), para estabelecer um programa da Manutenção é necessário conhecer quais são os riscos e os critérios de aceitação que devem ser usados para a aceitação externa (público, autoridades, etc.) e interna (gerência, operação, inspeção, etc.).

Garg e Deshmukh (2006) definem a Manutenção Baseada em Risco como um modelo de gestão da manutenção que objetiva minimizar os perigos causados por falhas não previsíveis dos equipamentos, de uma maneira economicamente viável.

Como apresentado por Brear et al (2002), a análise de riscos está associada a identificação dos perigos, da probabilidade de ocorrência e das suas consequências. Perigo refere-se a um evento ou situação, real ou hipotético, que pode levar a uma perda, quer seja à vida, ao meio ambiente, aos equipamentos ou ao negócio. As consequências correspondem aos efeitos que poderiam se originar caso os eventos de risco ocorressem. A chance de isto ocorrer corresponde a probabilidade da ocorrência. O processo de Avaliação de Riscos considera a interação entre a probabilidade e a consequência das falhas. Existem modelos qualitativos e quantitativos para a avaliação consistente destes parâmetros. Um exemplo de um modelo qualitativo é apresentado na Figura 12, aplicável a classes de perigos específicas nas indústrias de processo contínuo, baseado nos documentos “Recommended Practice RP 580 e 581” do American Petroleum Institute (API).

Figura 12 - Matriz Qualitativa de Riscos (Baseada no API)

		Nível de risco				
Consequência	Muito alta			Muito alto		
	Alta			Alto		
	Média	Médio				
	Baixa	Baixo				
	Muito baixa	Muito Baixo				
		Muito baixa	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
		Probabilidade				

Fonte: Adaptado de Brear et al (2002)

Conforme Kauer et al (2002) o desenvolvimento da legislação relacionada à prevenção de acidentes com equipamentos gerou requisitos para regular atividades realizadas pela equipe de manutenção, estabelecendo critérios de classificação dos

equipamentos conforme seu grau de risco e determinando limites máximos para os intervalos entre inspeções em serviço e fora de serviço.

### 3.2.9 Manutenção Centrada na Eficácia (ou ECM do inglês Effectiveness-Centred Maintenance)

Conforme Pun et al (2002), a Manutenção Centrada da Eficácia foca nas funções do sistema e no serviço prestado ao cliente e tem muitas características que são boas práticas para a melhoria da manutenção, sendo composta pela participação das pessoas, melhoria da qualidade, desenvolvimento da estratégia da manutenção e medição de desempenho.

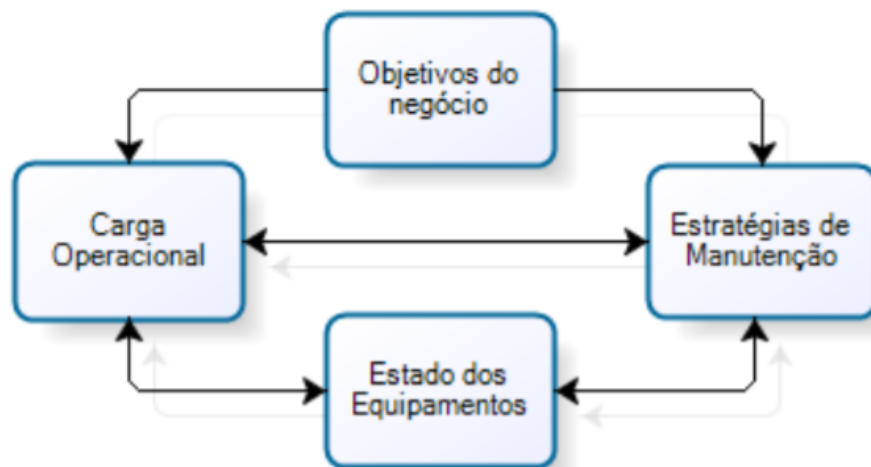
Segundo Sherwin (2000) a eficácia do gerenciamento da manutenção depende fundamentalmente do desdobramento apropriado dos recursos necessários, quer sejam humanos ou materiais (peças sobressalentes, consumíveis, ferramental, etc.), sendo ao final medido pelo lucro obtido ao longo do ciclo de vida da organização. Para garantir o seu bom desempenho, as organizações devem estabelecer estratégias de manutenção viáveis e desenvolver um sistema de medição da eficácia global alinhada com as melhores práticas na indústria. Da TPM foram incorporados os conceitos de participação dos trabalhadores, da manutenção autônoma e da motivação. Da RCM foram adotadas as análises de confiabilidade, identificando os modos de falha dos equipamentos que podem comprometer as funções do sistema, classificando a prioridade conforme a sua importância e aplicando técnicas matemáticas e estatísticas para avaliar a mantenedibilidade.

Da TQMMain foi adotada a gestão da qualidade na manutenção, visando melhorar a disponibilidade do sistema e otimizar a carga de trabalho da manutenção. Associou a estes a Medição e a Melhoria de Desempenho. A ECM sugere a aplicação de indicadores para a avaliação do desempenho incluindo a medição da eficácia individual (ou ISE do inglês "Individual System Effectiveness") e da eficácia global do sistema (ou OSE do inglês "Overall System Effectiveness").

### 3.2.10 Gerenciamento Estratégico da Manutenção (ou SMM do inglês Strategic Maintenance Management)

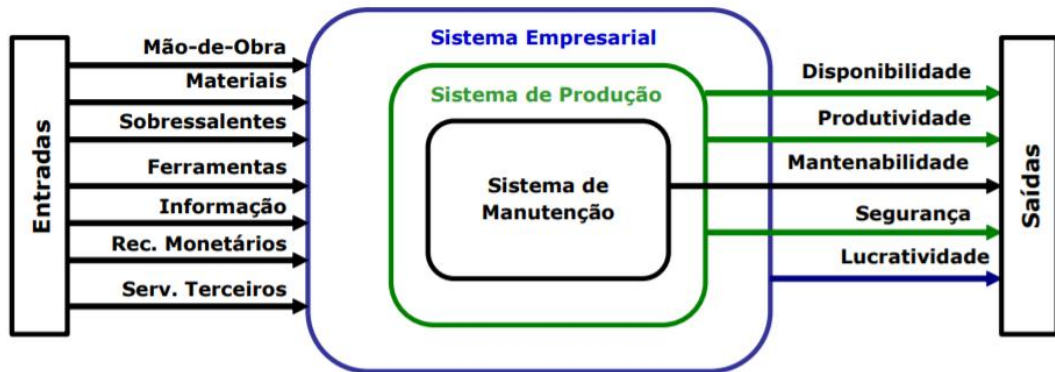
Murthy et al (2002) sugerem que a manutenção não deve ser vista apenas em seu contexto operacional, lidando com falhas de equipamentos e suas consequências, mas também num contexto estratégico de longo prazo, integrando de modo efetivo os diferentes aspectos técnicos e econômicos relacionados. O gerenciamento estratégico da manutenção requer uma abordagem multidisciplinar onde a mesma seja vista a partir de todas as perspectivas da produção e do negócio. As decisões da manutenção e da operação devem ser tomadas em conjunto, levando em consideração seus impactos na degradação dos equipamentos e nos objetivos globais do negócio, conforme representado na Figura 13. A Figura 14 apresenta a manutenção como parte dos sistemas produtivos e do negócio, destacando as entradas e saídas de cada sistema.

Figura 13. Elementos Chave do SMM



Fonte : Adaptado de Murthy et al (2002)

Figura 14. Relação entre Sistemas de Gestão da Manutenção, da Produção e Empresarial



Fonte : Adaptado de Tsang (2002)

Tsang (2002) destaca a importância do tipo de relação adotada para a seleção de um contratado, pois a mesma determina a forma como as companhias contratante e contratada se relacionarão, de acordo com a complexidade, a duração e o nível de conhecimento requerido, conforme apresentado na Figura 15.

Figura 15. Modalidades de Contratação de Serviços de Manutenção e aspectos relacionados

Tipo de Contrato	Tipo de Serviço	Complexidade do Contrato	Relacionamento Cliente-Contratado	Conhecimento de manutenção cliente
Trabalho em pacote	Preço Global Escopo Definido			
Contrato de Desempenho	Disponibilidade Restrição Orçam.			
Contrato de Operação	Maximizar o uso ativos/produção			

Complexidade      Duração      Nível de Conhecimento

Fonte : Adaptado de Tsang (2002)

### 3.2.11 Manutenção Classe Mundial (ou WCM do inglês World Class Maintenance)

Wireman (1991) considera que muitas empresas reconhecem a manutenção efetiva de seus sistemas e instalações como atividade crítica, enfatizando que é vital para a gestão da manutenção a integração com a estratégia corporativa, de mo-

do a assegurar a disponibilidade dos equipamentos, a produção com qualidade, a entrega dentro do prazo e a preços competitivos. As organizações de manutenção classe mundial trabalham em equipe, possuem sistema computadorizado de gerenciamento e realizam manutenção preventiva e preditiva. A Manutenção Classe Mundial é um sistema criado quando a organização combina liderança visionária e coerente com processos robustos e com uma cultura colaborativa para assegurar que a visão e o senso de propriedade dos métodos de manutenção permeiem por toda a organização.

Kodali et al (2009) apresentaram a proposta de uma estrutura para a WCM e a definiram como sendo a reunião das melhores práticas que são seguidas e adotadas pelas várias organizações para transformá-las em “Manufaturas de Classe Mundial”. A WCM está estruturada sobre 10 pilares, estando o pilar de “Liderança e Gerenciamento da Mudança” na base de todo o sistema, sustentando os demais. Os outros nove pilares, ao serem conduzidos no sentido das melhores práticas, levam toda a organização à melhoria de seu desempenho atingindo vantagens competitivas. A cada pilar corresponde um conjunto de atributos e métricas, conforme apresentado na Figura 16.

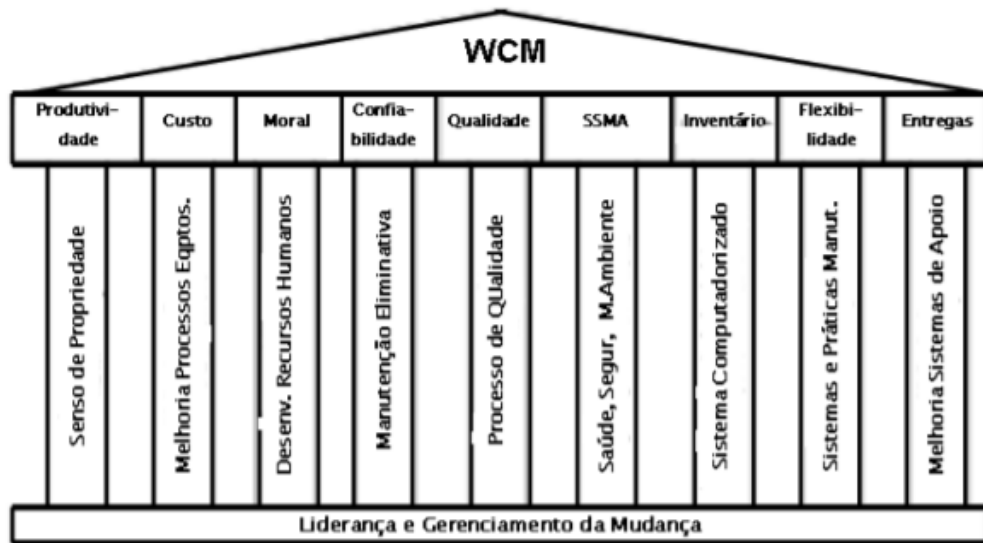
### 3.2.12. Avaliação da Maturidade da Organização da Manutenção

Jamarillo (2004) propôs uma escala de avaliação do grau de maturidade do sistema de gerenciamento de manutenção adotado. Em linhas gerais, a manutenção se realiza através de uma série de práticas adotadas pela organização, representadas como blocos na Figura 17. Na medida em que estas práticas estão implantadas como ações rotineiras, pode-se afirmar que os modelos de gestão da manutenção associados estão efetivamente implantados. Ocorre também que a adoção de algumas destas práticas depende da implantação prévia de outras, estabelecendo uma hierarquia entre as mesmas, o que a Figura 17 representa na forma de camadas de superposição, onde as práticas situadas em camadas superiores se apóiam sobre as situadas em camadas inferiores.

O conjunto de práticas situadas em uma mesma camada caracteriza o nível de maturidade correspondente, desde o considerado como o mais básico (“Manutenção Planejada”) até o quinto nível, o mais maduro (“Gerência de Ativos”), pas-

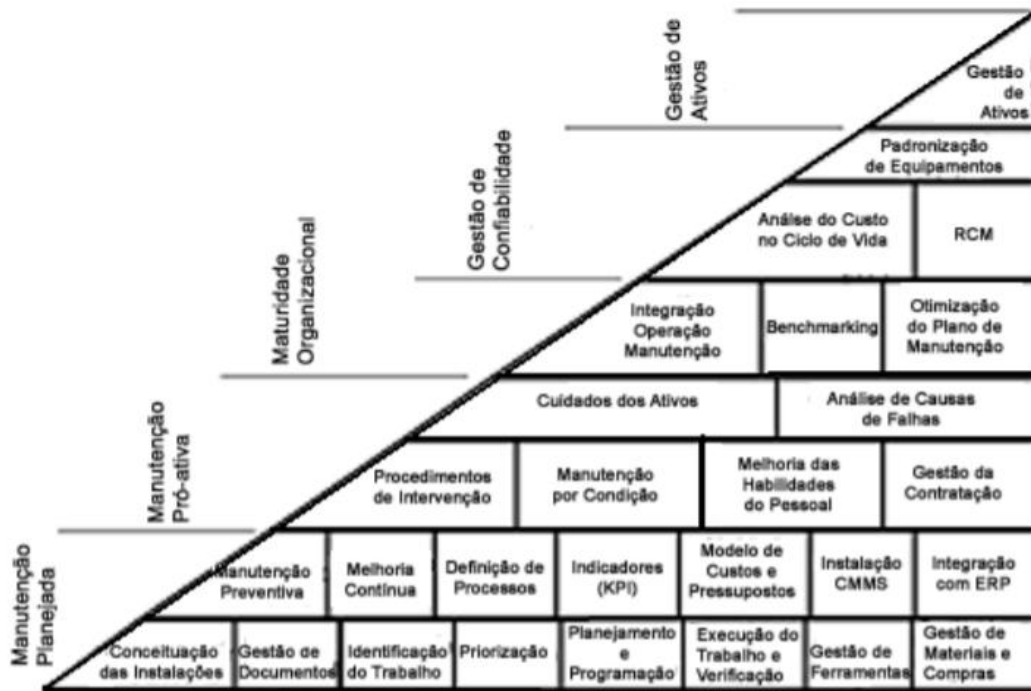
sando pela “Manutenção Pró-ativa”, pela “Maturidade Organizacional” e pela “Gestão da Confiabilidade”. Com base nos processos dos sistemas de gestão apresentados, propõe-se a utilização da escala de maturidade conforme apresentado na Figura 18, ampliando a proposta de Jamarillo para 8 níveis de classificação, da Manutenção Inventariada até a Manutenção Sustentável.

Figura 16. Pilares, atributos e métricas para a WCM



Fonte : Adaptado de Kodali et al (2009)

Figura 17. Avaliação da Maturidade da Organização da Manutenção



Fonte : Adaptado de Jamarillo (2004)

Figura 18. Modelo Ampliado para Avaliação da Maturidade da Organização da Manutenção

NÍVEIS DE MATURIDADE	PROCESSOS DESENVOLVIDOS NA ORGANIZAÇÃO CONFORME NÍVEL DE MATURIDADE							
MANUTENÇÃO SUSTENTÁVEL	PROCESSOS DE DESENVOLVIMENTO DO NEGÓCIO						LCP / Análise do Lucro Ciclo Vida	Sucessão e Crescimento
							Integração dos Processos	Satisfação de Clientes
MANUTENÇÃO INTEGRADA	PROCESSOS DE DESENVOLVIMENTO DE EQUIPES						Melhoria Clima Organizacional	Capacitação Equipes
							Difusão da Cultura Organiz.	Cooperação Inter-funcional
MANUTENÇÃO PARTICIPATIVA	PROCESSOS DE DESENVOLVIMENTO DE PESSOAS						Desenvolvimento Pró-atividade	Desenvolvimento Liderança
							Educação e Treinamento	Incentivos e Benefícios
MANUTENÇÃO OTIMIZADA	PROCESSOS DE OTIMIZAÇÃO						Medição desemp. & Benchmarking	Modificação de Projeto
							Solução de Problemas	Padroniz. de Ativos
MANUTENÇÃO GERENCIADA	PROCESSOS DE GESTÃO						RBM / Gestão de Riscos	Gestão do Conhecimento
							TPM / Gestão da Produtividade	RCM / Gestão da Confiabilidade
MANUTENÇÃO PLANEJADA PROGRAMADA	PROCESSOS DE ANÁLISE PLANEJAMENTO & PROGRAMAÇÃO						TQMmain / Gestão da Qualidade	RCM / Gestão da Confiabilidade
							Gestão de Saúde/Segurança	RCM / Gestão da Confiabilidade
MANUTENÇÃO CONTROLADA	PROCESSOS DE CONTROLE						Planej. & Program. Orçamentária	Atendimento a Legislação
							Planej. & Program. Manut. Corretiva	Planej. & Program. de Compras
MANUTENÇÃO INVENTARIADA	PROCESSOS DE CONTROLE						Planej. & Program. Manut. Preventiva	Planej. & Program. de Compras
							Manut. Preditiva	Planej. & Program. de Compras
MANUTENÇÃO INVENTARIADA	PROCESSOS DE CONTROLE						Outros Serviços	Planej. & Program. de Compras
							Contrat. Serviços	Planej. & Program. de Compras
MANUTENÇÃO INVENTARIADA	PROCESSOS DE CONTROLE						Control. Ativos	Control. Sobressalentes
							Control. Documentos	Control. Sobressalentes
MANUTENÇÃO INVENTARIADA	PROCESSOS DE CONTROLE						Control. Pessoal Próprio	Control. Sobressalentes
							Control. Materiais	Control. Sobressalentes
MANUTENÇÃO INVENTARIADA	PROCESSOS DE CONTROLE						Control. Prest. Serviços	Control. Sobressalentes
							Control. Falhas	Control. Sobressalentes
MANUTENÇÃO INVENTARIADA	PROCESSOS DE CONTROLE						Control. Riscos	Control. Sobressalentes
							Control. Solic. Serv.	Control. Sobressalentes
MANUTENÇÃO INVENTARIADA	PROCESSOS DE CONTROLE						Sistema CIMMS	Integração ERP
							Inventário de Ativos	Integração ERP
MANUTENÇÃO INVENTARIADA	PROCESSOS DE CONTROLE						Inventário de Documentos	Integração ERP
							Inventário de Materiais	Integração ERP
MANUTENÇÃO INVENTARIADA	PROCESSOS DE CONTROLE						Qualif. Pessoal Próprio	Integração ERP
							Inventário de Falhas	Integração ERP
MANUTENÇÃO INVENTARIADA	PROCESSOS DE CONTROLE						Qualif. Prest. de Serviços	Integração ERP
							Inventário de Riscos	Integração ERP
MANUTENÇÃO INVENTARIADA	PROCESSOS DE CONTROLE						Inventário de Fabricantes	Integração ERP
							Inventário de Rotativos	Integração ERP
MANUTENÇÃO INVENTARIADA	PROCESSOS DE CONTROLE						Inventário de Solic. Serviços	Integração ERP
							Plano de Contabilização	Integração ERP

Fonte : o autor (2021)



#### 4. DISCUSSÃO E CONSIDERAÇÕES

Por isso, a necessidade de uma boa gestão e manutenção destes equipamentos, entendendo o contexto histórico da manutenção nos processos industriais e como ela foi se tornando uma prática comum nas grandes organizações, chega-se a conclusão de que, para funções que envolvem determinados trabalhos com bombas e motores, uma manutenção é de extrema importância e também instrumentos de gestão bem planejados e executados, podendo evitar riscos que podem não ser previstos no futuro.

Durante toda a análise, KELLY e HARRIS, 1978; KELLY 1984; 1989 consideram a manutenção como o controle da confiabilidade. Sua abordagem geral baseia-se nos seguintes passos:

- 1) Definir a função do sistema da manutenção dentro da organização;
- 2) Definir os seus objetivos;
- 3) Estabelecer a estratégia da manutenção;
- 4) Prever como os equipamentos serão usados;
- 5) Definir a carga de trabalho da manutenção;
- 6) Indicar a estrutura dos recursos, inclusive mão-de-obra;
- 7) Estabelecer o sistema de planejamento e de controle de tarefas construído em torno dos recursos;
- 8) Estabelecer a influência do sistema administrativo e de tomada de decisão;
- 9) Controlar a manutenção para assegurar que o sistema trabalhe para atingir seus objetivos;
- 10) Estabelecer um sistema de documentação, necessário e entendido como vital para a operação do sistema geral de gestão da manutenção.

A manutenção pode ser executada com o uso de sistemas de gestão de diferentes níveis de maturidade. Num cenário competitivo, onde se busca continuamente a evolução dos processos produtivos, mantenedores devem identificar em que nível de maturidade seu sistema de gestão se encontra, para então decidir, junto com toda a organização, em que nível devem se situar, visando obter resultados coerentes com a estratégia do negócio. Para tal avaliação faz-se necessário dispor de um método abrangente e detalhado, para que a mesma seja precisa e capaz de orientar a definição das ações de melhoria requeridas. Neste sentido construiu-se a proposta

apresentada, que se baseia no escalonamento dos processos mapeados nos diversos sistemas de gestão, numa escala hierárquica de maturidade, a partir das ações básicas (manutenção inventariada) até as mais abrangentes (manutenção sustentável).

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O objetivo dessa pesquisa foi alcançado, todo o material analisado permite concluir que cabe a cada organização definir a importância relativa dada a cada um dos processos identificados.

A partir daí, as evidências de implementação de Modelos de Gestão da Manutenção para cada processo permitirão diagnosticar em que estágio de evolução a mesma se encontra.

Este artigo não se propõe a demonstrar uma aplicação prática do modelo de Gestão da Manutenção, considerando que a análise mostrou que a aplicação é geral, ficando esta ação para futuros trabalhos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-NAJJAR , Repairable Systems Reliability: Modelling, Inference and Misconceptions, Marcel Dekker, New York, NY.1996

ALMEIDA, Márcio Tadeu de. **Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade**. Itajubá: 2000. 5 p. Disponível em: <<http://www.mtaev.com.br/download/mnt1.pdf>>. Acesso em:

AUGUSTO TAVARES, Lourival. 2005. **A Evolução da Manutenção**. Revista Nova Manutenção y Qualidade? N°54.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5462:1994: **Confiabilidade e maneabilidade** - Referências - Elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

BIASOTTO, E. Aplicação do BSC na gestão da TPM - Estudo de Caso em Indústria de Processo. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

BREAR, J., JARVIS, P. e MIDDLETON, C., Managing the pay-off between risk, reliability and remaining life – weighting the consequences. Power Plants - Operation Maintenance and Material Issues, Vol. 1, n° 3, 2002.

CARNERO, M. C. **Multicriteria model for maintenance benchmarking**. *Journal of Manufacturing Systems*, v. 33, p. 303-321, 2014.

ELETROBRÁS/PROCEL. In REVIMAQ. **A evolução na eficiência energética de motores elétricos**, 2015. Disponível em: <<http://www.revimaq.com/noticia/a-evolucao-na-eficiencia-energetica-de-motores-eletricos>> Acesso em:

FILHO, R. A. **Introdução à Manutenção Centrada na Confiabilidade – MCC**. Programa de Atualização Técnica 2008 – Sistema FIRJAN - SESI/SENAI – Rio de Janeiro. Disponível em:<[Http://manutencao.net/v2/uploads/article/file/Artigo24AGO2008 .pdf](Http://manutencao.net/v2/uploads/article/file/Artigo24AGO2008.pdf)>Acesso em

Fontes, A., Cardoso, C., & Oliveira, L. **Comparison of techniques based on current signature analysis to fault detection and diagnosis in induction electrical motors**. Aracaju-SE, Brasil: IEEE. 2016.

GARG e DESHMUKH , Maintenance management: literature review and directions. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 12 . n° 3, 2006, pp. 205-238.

GOUVEA, Marcos Martins Rezende de. **Estudo de confiabilidade em bombas centrífugas**. Curso de Engenharia Mecânica, Universidade São Francisco. Campinas, 2008.

[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010\\_TN\\_STO\\_113\\_743\\_16105.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010_TN_STO_113_743_16105.pdf)".

ISHIZAKA, A.; NEMERY, P. **Assigning machines to incomparable maintenances strategies with ELECTRE-SORT**. *Ômega*, v. 47, p. 45-59, 2014.

JARAMILLO, C., Qué significa verdaderamente Confiabilidad?, VI Congresso Panamericano de Mantenimiento, 2004. Disponível em acessado em jun. 2009.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção: função estratégica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009. 384 p.

KAUER, R. et al, Risk Acceptance Criteria and Regulatory Aspects, Power Plants - Operation Maintenance and Material Issues, Vol. 1, nº 2, 2002.

KELLY, A. Maintenance Planning and Control, Butterworths, Oxford, 1984. \_\_\_\_\_, Maintenance and its Management, Conference Communication, London, 1989. KELLY, A. e HARRIS, M.J. Management of Industrial Maintenance, Butterworths, Oxford, 1978.

KODALI, R., MISHRA, R. e ANAND, G. Justification of world-class maintenance systems using analytic hierarchy constant sum method. Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 15 . nº 1, 2009, pp. 47-77.

LAMIM FILHO, P.C.M.; PEDERIVA, R.; BRITO, J.N. **Detection of stator winding faults in induction machines using flux and vibration analysis. Mechanical System and Signal Processing**, v. 42, p. 377-387, 2014.

MANUT, João. **Noções sobre confiabilidade**. Anais da UFRN, 2011. Disponível em: <<http://www.dee.ufrn.br/~joao/manut/13%20-%20Cap%20EDtulo%2011.pdf>> Acesso em:

MÁRQUEZ, A., LEÓN, P., FERNANDEZ, J., MÁRQUEZ, C. e CAMPOS, M. A practical view to maintenance management , 2009. . Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 15 . nº 2, 2009, pp. 167-178.

MATTOS, E. E.; DE FALCO, R. **Bombas Industriais 2 ed**. Rio de Janeiro: Interciencia, 1998.

MELENDEZ, J., COLOMER, J., ROSA, J. L. **Expert supervision based on cases**. In: 8th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, 2001.

MELO, Hugo da Costa. **Plano de Manutenção preditiva para motores elétricos – Definição e implementação numa indústria de pasta de papel**. Mestrado em engenharia eletrotécnica. Coimbra, 2017.

MOUBRAY, John. **Manutenção Centrada em Confiabilidade**. Lutterworth, Inglaterra, 2003.

MURTHY, D.N.P., ATRENS, A., ECCLESTON, J.A. Strategic maintenance management. Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 8 . nº 4, 2002, pp. 287-305.

NUNES, E. N; VALLADARES, A. **Gestão da Manutenção com Estratégia na Insta-**

**lação de unidades Geradoras de Energia Elétrica.** Disponível em: <[www.fae.edu/publicacoes/pdf/art\\_cie/art\\_20.pdf](http://www.fae.edu/publicacoes/pdf/art_cie/art_20.pdf)> Acesso em

OTANI; Mário; MACHADO, Waltair Vieira. **A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial.** Revista Gestão Industrial da UTFPR. Ponta Grossa, 2008.

PALMER , 1998 Op CITPIRESA. **A importância da manutenção na gestão dos sistemas produtivos,** 2005.

PARKES, D. Operational Research in Maintenance, University of Manchester Press, Manchester, 1970.

PUN, et al, An effectiveness-centred approach to maintenance management – a case study. Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 8, n° 4, p. 346-368, 2002.

RAMOS, Fábio Alexandre. **Influência da manutenção em uma fábrica de transformação de plásticos.** Faculdade de Tecnologia da Zona Leste. Monografia [Graduação] Tecnologia de Produção. São Paulo, 2009 (Apud Monchy, 1989).

SHERWIN, D., A review of overall models for maintenance management. Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 6, n° 3, p. 138-164, 2000.

TRARBACH, R.; BOTELHO, H. C. **Adequação das bombas centrífugas da REFAP as condições de projeto.** In: I CONGRESSO CONFIABILIDADE, INSPEÇÃO E MANUTENÇÃO, 2006, Rio de Janeiro, PETROBRAS, 2006.

TAVARES, Lourival Augusto. **Excelência na Manutenção – Estratégias Otimização e Gerenciamento.** Salvador: Casa da Qualidade Editora Ltda., p. 15 e 16, 1996.  
VIANNA, Willian da Silva. **Sistema Scada Supervisório.** Instituto Federal Fluminense de Educação Ciência e Tecnologia: Rio de Janeiro, 2008.

TSANG, A. Strategic dimensions of maintenance management. Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 8, n° 1, p. 7-39, 2002.

WIREMAN, T. Developing performance indicators for managing maintenance, New York, Industrial Press Inc., 1998.

WYREBSKI, Jerzy. **MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL - UM MODELO ADAPTADO.** 1997. Dissertação (M.sc) - UFSC, Florianópolis, 1997. Disponível em: <<http://www.eps.ufsc.br/disserta98/jerzy/>>. Acesso em:

XENOS, Harilaus Georgius D'Philippus. **Gerenciando a Manutenção Produtiva: O caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade.** 1. ed. Belo Horizonte: DG, 1998. 302 p.